

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 03 399.8

**Anmeldetag:** 29. Januar 2003

**Anmelder/Inhaber:** WABCO GmbH & Co OHG, Hannover/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zum Betrieb einer Luftfederungsanlage  
für ein Fahrzeug

**IPC:** B 60 G 17/052

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der  
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 27. November 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Sieck".

Sieck

Hannover, 23.01.2003  
WP 3/03, Günther/Ka  
(EM 2782)  
AN300303.doc

Verfahren zum Betrieb einer Luftfederungsanlage für ein Fahrzeug

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Luftfederungsanlage für ein Fahrzeug gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, insbesondere für eine als teilgeschlossenes System ausgebildete Luftfederungsanlage.

Eine derartige Luftfederungsanlage sowie ein Verfahren zum Betrieb ist beispielsweise aus der DE 100 55 108 A1 bekannt.

Eine Luftfederungsanlage für ein Fahrzeug weist in der Regel eine Mehrzahl von Luftfederbälgen im Bereich der jeweiligen Radaufhängung der einzelnen Räder des Fahrzeugs auf. Die Luftfederbälge sind über eine Druckluft-Förderungseinrichtung, z. B. einen Kompressor, mit Druckluft befüllbar. Beim praktischen Betrieb einer solchen Luftfederungsanlage ist es erforderlich, die Niveauänderungen an den einzelnen Radaufhängungen des Fahrzeugs und damit die Befüllvorgänge der Luftfederbälge möglichst schnell durchzuführen. Aus diesem Grunde ist es sinnvoll, die Druckluft-Förderungseinrichtung von ihrer Förderleistung her auf den maximal auftretenden Förderbedarf auszulegen. Dieser tritt auf, wenn sämtliche in dem Fahrzeug vorhandenen Luftfeder-

bälge, bei einem Pkw in der Regel vier Stück, gleichzeitig relativ schnell mit einer bestimmten Druckluftmenge befüllt werden sollen.

Falls jedoch, z. B. zur Kompensation einer Schiefstellung des Fahrzeugaufbaus, nur einzelne Luftfederbälge, z. B. zwei Stück, mit Druckluft befüllt werden, so kann es vorkommen, daß die Förderleistung der Druckluft-Förderungseinrichtung für einen solchen Fall überdimensioniert ist, was zu einem unerwünscht starken Druckanstieg auf der Druckauslaßseite der Druckluft-Förderungseinrichtung führen kann, da die von der Druckluft-Förderungseinrichtung ausgegebene Druckluftmenge nicht ausreichend schnell in die Luftfederbälge fließen kann. Ein solcher unerwünscht starker Druckanstieg kann bei einer elektrisch angetriebenen Druckluft-Förderungseinrichtung zu einem Absinken der Betriebsdrehzahl führen, was akustisch auffällig ist. Zudem kann die Stromaufnahme unerwünscht stark ansteigen, was unter anderem auch zu einem Auslösen einer Sicherung im Fahrzeug führen kann. Ein zu hoher Druck kann schließlich auch zu Beschädigungen oder höherem Verschleiß von Teilen der Druckluftanlage führen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betrieb einer Luftfederungsanlage für ein Fahrzeug anzugeben, bei dem mit möglichst einfachen Mitteln und möglichst wenig zusätzlichem Aufwand ein unerwünscht starker Druckanstieg auf der Druckauslaßseite der Druckluft-Förderungseinrichtung vermieden werden kann.

Diese Aufgabe wird durch die in dem Patentanspruch 1 angegebene Erfindung gelöst. Weiterbildungen und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Unter dem Begriff "gesamte Förderleistung" sei nachfolgend die jeweils von der Druckluft-Förderungseinrichtung insgesamt geförderte Druckluftmenge zu verstehen. Unter dem Begriff "wirksame Förderleistung" sei nachfolgend derjenige Anteil der gesamten Förderleistung zu verstehen, der in die Luftfederbälge gelangt. Je nach nachfolgendem Ausführungsbeispiel erfolgt eine Anpassung der wirksamen Förderleistung an den Bedarf entweder mittelbar durch Anpassung der gesamten Förderleistung oder unmittelbar durch gezielte Anpassung der wirksamen Förderleistung. Eine Anpassung der gesamten Förderleistung wirkt sich zugleich auf wirksame Förderleistung aus, während eine gezielte Anpassung der wirksamen Förderleistung nicht zwangsläufig eine Auswirkung auf die gesamte Förderleistung haben muß. Auch eine Kombination beider Anpassungsarten ist vorteilhaft.

Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, daß eine Anpassung der wirksamen Förderleistung der Druckluft-Förderungseinrichtung in Abhängigkeit von der gewählten Art der Befüllung der Luftfederbälge vorgenommen wird.

Für eine Anpassung der Förderleistung von Druckluft-Förderungseinrichtungen ist beispielsweise aus dem Bereich druckluftgebremster Fahrzeuge bekannt, den Kompressor mit einem Druckregler bzw. einer Governor-Regelung auf der Druckauslaßseite zu versehen. Letzteres

bewirkt ein zyklisches Aus- und Einschalten des Kompressors. Bekannt ist außerdem, den Schadraum, d. h. das Totvolumen, der Druckluft-Förderungseinrichtung variabel zu gestalten, z. B. indem ein zuschaltbarer Zusatzschadraum vorgesehen wird. Weitere Möglichkeiten zur Anpassung der Förderleistung sind aus dem Buch "Das Druckluft-Kompendium", erschienen 1997 im VML-Verlag (ISBN 3 - 89646 - 003 - X), bekannt.

Die bekannten Möglichkeiten zur Anpassung der Förderleistung sind mit einem apparativen Zusatzaufwand und damit zusätzlichen Kosten verbunden. Insbesondere bei Luftfederungsanlagen für Personenkraftwagen (Pkw) ist die Druckluft-Förderungseinrichtung im wesentlichen für die Versorgung der Luftfederungsanlage vorgesehen und nicht, wie beispielsweise bei druckluftbetriebenen Bremsanlagen bei Lastkraftwagen, zusätzlich oder sogar hauptsächlich für die Versorgung anderer Druckluftverbraucher als der Luftfederungsanlage vorgesehen. Wegen des beschränkten Einsatzbedarfs werden daher bei Pkws bevorzugt Druckluft-Förderungseinrichtungen eingesetzt, die hinsichtlich der Herstellungskosten stark optimiert sind. Ein apparativer Zusatzaufwand für die Anpassung der Förderleistung ist daher unerwünscht.

Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, daß der Zusatzaufwand zur Anpassung der wirksamen Förderleistung je nach Ausstattung und Design der Luftfederungsanlage darin bestehen kann, ein elektronisches Steuergerät um entsprechende Steuerungsschritte, d. h. Programmschritte in einem Softwareprogramm, zu erweitern. Ein zusätzlicher apparati-

ver Aufwand kann dann gegebenenfalls völlig vermieden werden.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß auftretende unvermeidbare Laufgeräusche der Druckluft-Förderungseinrichtung durch die Anpassung der wirksamen Förderleistung vergleichmäßigt werden und dadurch einem Anwender der Luftfederungsanlage, z. B. einen Benutzer des Fahrzeuges, weniger auffallend erscheinen. Zudem kann auf einfache Weise eine Überhitzung und infolgedessen eine Überlastung der Druckluft-Förderungseinrichtung vermieden werden.

Unter Nennung weiterer Vorteile wird die Erfindung nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Verwendung von Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen

Fig. 1 eine teilgeschlossene Luftfederungsanlage in schematischer Darstellung und

Fig. 2 eine Druckluft-Förderungseinrichtung zum Einsatz in der Luftfederungsanlage gemäß Fig. 1 und

Fig. 3 ein 4/2-Wege-Umschaltventil in einer ersten Betriebsstellung und

Fig. 4 das 4/2-Wege-Umschaltventil in einer zweiten Betriebsstellung und

Fig. 5 das 4/2-Wegeventil in einer dritten Betriebsstellung und

Fig. 6 bis 9 weitere Ausführungsformen einer Luftabgabe-/Trocknereinrichtung zum Einsatz in der Luftfederungsanlage gemäß Fig. 1 und

Fig. 10 bis 12 weitere Ausführungsformen einer Umschaltventileinrichtung zum Einsatz in der Luftfederungsanlage gemäß Fig. 1 und

Fig. 13 und 14 eine 4/2-Wege-Umschaltventileinrichtung in unterschiedlichen Schaltstellungen und

Fig. 15 und 16 weitere Ausgestaltungen der teilgeschlossenen Luftfederungsanlage gemäß Fig. 1 und

Fig. 17 eine weitere Ausführungsform einer Luftsaugeeinrichtung.

In den Figuren werden für einander entsprechende Teile gleiche Bezugszeichen verwendet.

Eine Luftfederungsanlage für ein Fahrzeug hat die Aufgabe, über Niveaumittel die Niveaulage des Fahrzeugaufbaus gegenüber den Fahrzeugachsen und damit indirekt gegenüber der Fahrbahn einzustellen und zu regulieren. Hierfür ist vorzugsweise an jedem Rad eines Fahrzeugs ein derartiges Niveaumittel angeordnet, wobei als Niveaumittel bevorzugt Luftfederbälge

eingesetzt werden. Durch Befüllung oder Entlüftung der einzelnen Luftfederbälge können innerhalb eines dafür vorgesehenen Einstellbereichs beliebige Niveaulagen des Fahrzeugaufbaus eingestellt werden. Derartige Luftfederungsanlagen werden bevorzugt mit Druckluft als Druckmedium betrieben.

Unter einem offenen System versteht man bei Luftfederungsanlagen ein System, bei dem die Druckluft bei Bedarf aus der Umgebung, d. h. aus der Atmosphäre, angesaugt wird und in die Luftfederbälge oder in einen Druckluftspeicher, d.h. einen Vorratsbehälter, gepumpt wird. Der Druckluftspeicher ist jedoch nicht unbedingt erforderlich und wird je nach Anforderung auch fortgelassen. Bei einer Entlüftung der Luftfederbälge wird die Druckluft immer direkt in die Atmosphäre abgegeben. Ein Rückfordern der Druckluft von den Luftfederbälgen in den Druckluftspeicher ist dabei nicht vorgesehen. Das offene System ist vergleichsweise einfach aufgebaut und kommt mit relativ wenigen Bauteilen aus. Derartige Luftfederungsanlagen sind seit geraumer Zeit in Nutzfahrzeugen wie Lastkraftwagen und Omnibussen und auch in Personenkraftwagen im Einsatz.

Ein geschlossenes System dagegen enthält immer einen Druckluftspeicher, der - zumindest theoretisch - einmalig mit Druckluft gefüllt wird, etwa bei der Herstellung der Luftfederungsanlage. Das geschlossene System hat - zumindest theoretisch - keinerlei Verbindung zur Atmosphäre. Im bestimmungsgemäßen Betrieb wird die Druckluft durch eine Druckluft-Förderungseinrichtung nach Bedarf von dem Druckluftspeicher in die Luftfeder-

bälge bzw. von den Luftfederbälgen in den Druckluftspeicher hin- und hergefördert. Dies hat gegenüber einem offenen System den Vorteil, daß die von der Druckluft-Förderungseinrichtung, z.B. einem Kompressor, zu erbringende Änderung des Druckniveaus bei der Luftförderung in der Regel geringer ausfällt, da sich der Druck der zu fördernden Druckluft in der Regel auf einem gewissen, gegenüber der Atmosphäre relativ hohen Niveau befindet. Hierdurch ist der Energieverbrauch eines solchen Systems geringer. Zudem kann die Druckluft-Förderungseinrichtung auf die geringere Leistungsaufnahme hin ausgelegt werden. Vorteilhaft ist außerdem, daß die Druckluft-Förderungseinrichtung mit einer kürzeren Einschaltdauer betrieben werden kann und einer vergleichsweise geringeren Eigenerwärmung unterliegt.

Da derartige geschlossene Systeme in der Praxis infolge von Druckluftverlust, z. B. wegen Undichtigkeiten an den aus elastischem Material hergestellten Luftfederbälgen, nicht dauerhaft funktionsfähig wären, gibt es den Vorschlag, sogenannte teilgeschlossene Systeme zu verwenden, bei denen ebenfalls ein Druckluftspeicher vorgesehen ist und bei denen, solange genügend Druckluft in dem System vorhanden ist, die Druckluft wie in dem geschlossenen System zwischen dem Druckluftspeicher und den Luftfederbälgen hin- und hergefördert wird. Zusätzlich ist eine Verbindung zur Atmosphäre vorgesehen, welche zur Auffüllung des Systems mit Druckluft z. B. bei Druckverlusten oder starken Temperaturschwankungen dient und eine Luftansaugung aus der Atmosphäre erlaubt. Zur Vermeidung von Überdruck-Zuständen ist zusätzlich üblicherweise auch eine Luftabgabevorrichtung

zur Entlüftung von Überdruck in die Atmosphäre vorgesehen.

In einem solchen teilgeschlossenen System findet demnach ein gewisser, wenn auch begrenzter, Luftaustausch mit der Atmosphäre statt. Hierdurch ist das teilgeschlossene System einerseits praxistauglich, kann aber andererseits auch die Vorteile eines geschlossenen Systems zu einem großen Teil nutzen. Eine derartige als teilgeschlossenes System ausgebildete Luftfederungsanlage weist bevorzugt die folgenden funktionellen Einheiten auf:

- Eine Druckluft-Förderungseinrichtung, die vorzugsweise als Kompressor ausgebildet ist und beispielsweise über einen Elektromotor angetrieben werden kann,
- einen Druckluftspeicher zur Speicherung von Druckluft auf einem bestimmten Druckniveau,
- die erwähnten Luftfederbälge,
- eine Luftansaugeinrichtung,
- eine Luftabgabeeinrichtung sowie
- eine Lufttrocknereinrichtung.

Die vorgenannten funktionellen Einheiten sind über betätigbare Ventileinrichtungen, insbesondere elektrisch betätigbare Ventileinrichtungen, derart miteinander verbindbar, daß bezüglich der Luftfederbälge die Funktionen "Luftmenge erhöhen", "Luftmenge halten" sowie "Luftmenge absenken" einstellbar sind. Über die Dauer eines "Luftmenge erhöhen"- bzw. "Luftmenge absenken"-

Vorgangs kann dann eine gewünschte Niveaulage eingestellt werden. Gesteuert wird eine derartige Luftfederungsanlage vorzugsweise von einem elektronischen Steuergerät.

In der Fig. 1 ist eine bevorzugte Ausführungsform einer derartigen Luftfederungsanlage dargestellt.

In dem gestrichelt umrandeten Block (1) ist die zuvor erwähnte Druckluft-Förderungseinrichtung dargestellt.

In dem gestrichelt umrandeten Block (2) ist die Luftabgabeeinrichtung in Kombination mit der Lufttrocknereinrichtung, nachfolgend Luftabgabe-/trocknereinrichtung (2) genannt, dargestellt. In dem gestrichelt umrandeten Block (4) ist die Luftansaugeeinrichtung dargestellt.

Des weiteren sind der erwähnte Druckluftspeicher (9) sowie die Luftfederbälge (64, 65, 66, 67) dargestellt.

Den Luftfederbälgen (64, 65, 66, 67) sind des weiteren Wegsensoren (68, 69, 70, 71) zugeordnet. Die Wegsensoren (68, 69, 70, 71) geben über elektrische Leitungen jeweils ein die Niveaulage des Fahrzeugaufbaus im Bereich desjenigen Luftfederbalgs, dem sie zugeordnet sind, repräsentierendes elektrisches Signal an ein elektronisches Steuergerät (5) ab.

In einem weiteren gestrichelt umrandeten Block (3) ist eine Umschaltventileinrichtung dargestellt, die zur Steuerung der Druckluftströmungsrichtung beim Hin- und Herfordern der Druckluft zwischen dem Druckluftspeicher (9) und den Luftfederbälgen (64, 65, 66, 67) dient. Mittels der Umschaltventileinrichtung (3) kann wechselweise in einer ersten Schaltstellung der Druckluftspei-

cher (9) als Druckluftquelle mit den Luftfederbälgen (64, 65, 66, 67) verbunden werden. In einer zweiten Schaltstellung der Umschaltventileinrichtung (3) können die Luftfederbälge (64, 65, 66, 67) als Druckluftquelle mit dem Druckluftspeicher (9) verbunden werden. In der ersten Schaltstellung ist demnach die Funktion "Luftmenge erhöhen" bezüglich der Luftfederbälge (64, 65, 66, 67) einstellbar, in der zweiten Schaltstellung ist die Funktion "Luftmenge absenken" einstellbar.

Der in der Fig. 1 dargestellte Druckluftspeicher (9) ist über ein als elektromagnetisch betätigbares 2/2-Wegeventil ausgestaltetes Absperrventil (8), nachfolgend auch Speicherventil genannt, mit einem Anschluß (318) der Umschaltventileinrichtung (3) verbunden. Die Luftfederbälge (64, 65, 66, 67) sind über jeweils vorgesetzte Absperrventile (60, 61, 62, 63), nachfolgend auch Balgventile genannt, und über eine gemeinsame Druckluftleitung (72) an einen weiteren Anschluß (316) der Umschaltventileinrichtung (3) angeschlossen. Die Balgventile (60, 61, 62, 63) sind vorzugsweise ebenfalls als elektromagnetisch betätigbare 2/2-Wegeventile ausgebildet. An einem weiteren Anschluß (317) der Umschaltventileinrichtung (3) sind einlaßseitig angeschlossene Rückschlagventile (51, 52) vorgesehen. Das Rückschlagventil (51) ist auslaßseitig mit der Luftansaugeinrichtung (4) sowie einem Sauganschluß (105) der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) verbunden. Ein Auslaßanschluß (106) der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) ist mit einem Lufteinlaß der Luftabgabe-/trocknereinrichtung (2) verbunden. An einem Auslaß der Luftabgabe-/trocknereinrichtung (2) ist ein Rückschlagventil

(50) angeordnet. Die Rückschlagventile (50, 52) sind auslaßseitig mit einem weiteren Anschluß (315) der Um- schaltventileinrichtung (3) verbunden.

Als Ventilanordnung zur Steuerung der Befüllung von wahlweise einem, mehreren oder allen Luftfederbälgen (64, 65, 66, 67) mit von der Druckluft-Förderungsein- richtung (1) abgegebener Druckluft wird in den nachfol- genden Ausführungsbeispielen die Anordnung der Balgven- tile (60, 61, 62, 63) betrachtet. Statt der in den Aus-führungsbeispielen dargestellten 2/2-Wegeventile können auch andere Arten von Ventilen als Ventilanordnung Ver-wendung finden, z.B. Proportionalventile.

In der in der Fig. 1 dargestellten Ausgestaltung einer Luftfederungsanlage ist an der Auslaßseite des Rück- schlagventils (50) ein Drucksensor (7) angeordnet, wel- cher den dort vorliegenden Druck erfaßt und ein diesen Druck repräsentierendes elektrisches Signal an das elektronische Steuergerät (5) abgibt. Der Drucksensor (7) kann bei Bedarf als Option vorgesehen werden oder zur Erzielung günstigerer Herstellkosten der Luftfede- rungsanlage auch entfallen, wie nachfolgend noch näher erläutert wird.

Weiterhin ist ein Elektromotor (6) vorgesehen, welcher über ein elektrisches Signal von dem elektronischen Steuergerät (5) einschaltbar ist. Der Elektromotor (6) treibt eine in der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) vorgesehene Kolbenmaschine (12) über eine Antriebswelle (14) an.

Das elektronische Steuergerät (5) dient zur Steuerung sämtlicher Funktionen der Luftfederungsanlage. Hierfür ist das Steuergerät (5) über elektrische Leitungen mit einer elektrischen Betätigungsseinrichtung der Umschaltventileinrichtung (3), den Absperrventilen (8, 60, 61, 62, 63), dem optionalen Drucksensor (7), den Wegsensoren (68, 69, 70, 71) und dem Elektromotor (6) verbunden.

Die Druckluft-Förderungseinrichtung (1) weist die nachfolgend erläuterten funktionellen Einheiten auf. Eine Kolbenmaschine (12) dient zum Fördern von Luft von dem Sauganschluß (105) zu dem Auslaßanschluß (106) der Druckluft-Förderungseinrichtung (1). Die Kolbenmaschine (12) kann als herkömmlicher Kolbenkompressor, z. B. auch als Kippkolbenkompressor, ausgelegt sein. Die Kolbenmaschine (12) ist, wie erwähnt, über eine Antriebswelle (14) antreibbar. Auf der Ansaugseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) ist ein als Rückschlagventil ausgebildetes Saugventil (11) angeordnet. Auf der Auslaßseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) ist ein ebenfalls als Rückschlagventil ausgebildetes Auslaßventil (13) angeordnet. Durch die Rückschlagventile (11, 13) wird die Förderungsrichtung der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) bestimmt.

Als der Ansaugseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) zugeordnet werden nachfolgend neben dem bereits erwähnten Saugventil (11) alle mit dem Sauganschluß (105) direkt oder indirekt pneumatisch verbundenen Teile der Luftfederungsanlage, von dem Saugventil (11) bis zu dem Anschluß (317) der Umschaltventileinrichtung (3), be-

trachtet. Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 sind dies die Teile (10, 11, 40, 41, 42, 51, 105, 317) sowie der Einlaß des Rückschlagventils (52). Als der Auslaßseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) zugeordnet werden nachfolgend neben dem bereits erwähnten Auslaßventil (13) alle mit dem Auslaßanschluß (106) direkt oder indirekt pneumatisch verbundenen Teile der Luftfederungsanlage, von dem Auslaßventil (13) bis zu dem Anschluß (315) der Umschaltventileinrichtung (3), betrachtet. Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 sind dies die Teile (2, 7, 13, 50, 106, 315) sowie der Auslaß des Rückschlagventils (52). Je nach der Schaltstellung der Umschaltventileinrichtung (3) werden außerdem diejenigen Teile der Luftfederungsanlage, die auf der der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) abgewandten Seite der Umschaltventileinrichtung (3) angeordnet sind, als der Ansaugseite zugeordnet betrachtet, sofern daraus Luft angesaugt wird, und als der Auslaßseite zugeordnet betrachtet, sofern von der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) komprimierte Luft dorthin abgegeben wird.

Ein auf der Ansaugseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) mit einem Speicher-Symbol dargestelltes Volumen (10) symbolisiert in der Darstellung die Fig. 1 sämtliche auf der Ansaugseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) auftretenden Volumina, z. B. das Volumen des Kurbelgehäuses der Kolbenmaschine (12) oder auch die auf der Ansaugseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) angeschlossenen Druckluftleitungen. Auf der Auslaßseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) vorhandene Volumina sind in einem nachfolgend noch näher erläuterten Volumen (15) zusammengefaßt, das inner-

halb der Fig. 1 in der Luftabgabe-/trocknereinrichtung (2) dargestellt ist.

Ein Ausführungsbeispiel für eine derartige Druckluft-Förderungseinrichtung (1) ist in der Fig. 2 in Form eines Kolbenkompressors dargestellt. Die erwähnte Kolbenmaschine (12) weist innerhalb ihres Gehäuses eine Antriebswelle (14) auf, welche über ein Pleuel (104), ein Gelenk (107), eine Pleuelstange (16) sowie über ein weiteres Gelenk (18) mit einem Kolben (17) mechanisch verbunden ist. Infolge einer Drehung der Antriebswelle (14) führt der Kolben (17) eine Aufwärts- und Abwärtsbewegung durch. Der Kolben (17) ist mit einer umlaufenden Dichtung (100) versehen, welche einen oberhalb des Kolbens vorgesehenen Druckraum (108) gegenüber einem in dem Kurbelgehäuse des Kompressors (12) vorgesehenen Saugraum (110) abdichtet. Auf der Oberseite des Kolbens (17) ist das konstruktiv als Lamelle ausgeführte Saugventil (11) angeordnet, welches über eine Schraube (19) an dem Kolben (17) befestigt ist. Das Saugventil (11) dient zur Abdichtung des Druckraums (108) gegenüber einer den Kolben (17) durchdringenden Ansaugöffnung (101) bei einer Aufwärtsbewegung des Kolbens (17).

Oberhalb des Druckraums (108) ist ein Auslaßraum (150) vorgesehen. In dem Auslaßraum (150) ist das konstruktiv als Lamelle ausgeführte Auslaßventil (13) vorgesehen, das mittels einer Schraube (103) an der Unterseite des Auslaßraums (150) befestigt ist. Das Auslaßventil (13) dichtet den Auslaßraum (150) gegenüber einem Auslaßkanal (102) sowie gegenüber dem Druckraum (108) bei einer Abwärtsbewegung des Kolbens (17) ab.

Die über den Sauganschluß (105) angesaugte Luft strömt bei einem Abwärtshub des Kolbens (17) durch den Ansaugkanal (101) über das dann geöffnete Ventil (11) in den Druckraum (108), der dann über das Ventil (13) von dem Auslaßraum (150) abgesperrt ist. Bei einem Aufwärtshub des Kolbens (17) schließt das Saugventil (11), wodurch die in dem Druckraum (108) befindliche Luft durch den Auslaßkanal (102) über das dann geöffnete Auslaßventil (13) in den Auslaßraum (150) gepreßt wird. Aus dem Auslaßraum (150) kann die dort befindliche Druckluft dann über den Auslaßanschluß (106) in die nachgeschaltete Luftabgabe-/trocknereinrichtung (2) strömen.

Gemäß Fig. 1 weist die Luftabgabe-/trocknereinrichtung (2) in einer vorteilhaften Ausgestaltung ein druckluftgesteuertes 4/3-Wegeventil (20) sowie einen Lufttrockner (21) auf. Zwischen dem 4/3-Wegeventil (20) und dem Lufttrockner (21) ist das mit einem Speicher-Symbol dargestellte Volumen (15) dargestellt, das die von der Luftabgabe-/trocknereinrichtung (2) herrührenden Volumina, insbesondere von der Lufttrockner-Kartusche, repräsentiert. Zusätzlich sind in dem Volumen (15) die auf der Auslaßseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) vorhandenen Volumina zusammengefaßt.

Die von der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) abgegebene Druckluft strömt in der in der Fig. 1 dargestellten Schaltstellung des Ventils (20) über eine Druckluftleitung (22) an einem Anschluß (223) in das Ventil (20), an einem weiteren Anschluß (224) aus dem Ventil (20) in eine Druckluftleitung (24), von dort durch den

Lufttrockner (21) und von dort über das Rückschlagventil (50) zu der Umschaltventileinrichtung (3). Die Auslaßseite des Lufttrockners (21) ist über eine Druckluftleitung (25) zusätzlich an einen weiteren Anschluß (225) des Ventils (20) zurückgeführt, welcher in der dargestellten Schaltstellung der Fig. 1 abgesperrt ist. Ein weiterer Anschluß (215) des Ventils (20) dient als Entlüftungsanschluß der Luftfederungsanlage; dieser ist mit der Atmosphäre verbunden.

Der mit der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) verbundene Anschluß (223) des Ventils (20) ist über eine Druckluftleitung (23) mit einem druckluftbetätigten Steueranschluß des Ventils (20) verbunden. Bei entsprechend ansteigendem Druck an dem Steueranschluß kann das Ventil (20) von der in der Fig. 1 dargestellten Schaltstellung in eine zweite und eine dritte Schaltstellung umgeschaltet werden. Der in der ersten Schaltstellung noch mit relativ großem Durchlaßquerschnitt versehene Verbindungskanal zwischen den Anschlüssen (223, 224) des Ventils (20) wird in der zweiten Schaltstellung in eine Drosselstellung mit deutlich verminderterem Durchlaßquerschnitt umgeschaltet. Die Druckluftleitung (25) ist in der zweiten Schaltstellung weiterhin abgesperrt. Bei weiter steigendem Druck an dem Steueranschluß wird schließlich die dritte Schaltstellung eingenommen. In dieser ist zwischen den Anschlüssen (223, 224) des Ventils (20) wiederum die erwähnte Drosselstellung mit deutlich verminderterem Durchlaßquerschnitt vorgesehen. Die Druckluftleitung (25) ist dann mit dem Druckluftauslaß am Anschluß (215), d. h. mit der Atmosphäre, verbunden, so daß Druckluft in die Atmosphäre abgegeben

werden kann. Das Ventil (20) dient in diesem Zusammenhang auch als Überdrucksicherungsventil, d.h. als Sicherung gegen unerwünscht hohe Druckwerte in der Luftfederungsanlage, wie nachfolgend noch erläutert wird.

Durch die Drosselwirkung des Ventils (20) in der zweiten und der dritten Schaltstellung entspannt sich die Druckluft auf ihrem Weg von der Druckluftleitung (22) zu der Druckluftleitung (24), kommt demzufolge entspannt, d. h. auf geringerem Druckniveau, in dem Lufttrockner (21) an und kann dann bei Erreichen der dritten Schaltstellung des Ventils (20) in die Atmosphäre entlassen werden. Durch das Entspannen der Druckluft infolge der Drosselwirkung wird eine verbesserte Regenerationswirkung des in dem Lufttrockner (21) befindlichen Trockner-Granulates erreicht, d. h. es wird mit relativ wenig Druckluftverbrauch eine relativ hohe Trocknungswirkung erzielt.

Im Gegensatz zu bekannten Luftfederungsanlagen ist bei der hier beschriebenen Luftfederungsanlage die Lufttrocknereinrichtung in vorteilhafter Weise derart angeordnet, daß sie sowohl im normalen Betrieb der Luftfederungsanlage als auch im sogenannten Regenerationsbetrieb, d. h. beim Entfeuchten des Trockner-Granulates, immer in derselben Strömungsrichtung von der Druckluft durchströmt wird. Dies hat den Vorteil, daß der Lufttrockner (21) permanent an der Auslaßseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1), insbesondere räumlich relativ dicht an der Druckluft-Förderungseinrichtung, angeordnet werden kann und hierdurch in jeder Betriebsart mit von der Druckluft-Förderungseinrichtung vorge-

wärmerer Luft durchströmt werden kann. Durch die räumlich dichte Anordnung an der Druckluft-Förderungseinrichtung kann die angewärmte Druckluft mit relativ wenig Temperaturabfall den Lufttrockner (21) erreichen. Da warme Luft die Feuchtigkeit wesentlich besser aufnehmen kann als kalte Luft, kann durch diese Ausgestaltung der Erfindung eine weitere wesentliche Verbesserung des Wirkungsgrades bei der Regeneration des Trockner-Granulates erreicht werden.

In der Fig. 3 ist die Luftabgabe-/trocknereinrichtung (2), wie zuvor beschrieben, mit einer vorteilhaften konstruktiven Ausführung des 4/3-Wegeventils (20) in seiner ersten Schaltstellung dargestellt. Das Ventil (20) weist ein Gehäuse (200) auf, welches in seinem im unteren Bereich der Fig. 3 dargestellten Abschnitt einen im Vergleich zu seinen anderen Abschnitten vergrößerten Querschnitt aufweist. Das Gehäuse (200) kann beispielsweise rotationssymmetrisch ausgeführt werden. Innerhalb des Gehäuses (200) ist ein Ventilkörper (209) angeordnet, welcher mit einem zur Betätigung des Ventilkörpers (209) vorgesehenen Kolbens (205) starr verbunden ist. Der Kolben (205) ist in dem Gehäuseabschnitt (207) geführt und über eine umlaufende Dichtung (206) in dem Gehäuseabschnitt (207) abgedichtet. In dem in der Fig. 3 dargestellten drucklosen bzw. nahezu drucklosen Zustand des Ventils (20) wird der Kolben (205) durch eine Feder (208), die sich an einem sockelförmigen Bereich (221) des Gehäuses (200) abstützt, gegen den Boden (222) des Gehäuses (200) gedrückt.

In gewissen Abständen sind in dem Gehäuse (200) ringförmige Dichtungen (201, 202, 204) angeordnet, die durch in dem Gehäuse (200) angeordnete Nuten in ihrer Position gehalten werden. Der Ventilkörper (209) weist eine Wandung (210) auf, die innerhalb der Dichtungen (201, 202, 204) geführt ist und infolge einer Bewegung des Kolbens (205) gegenüber den Dichtungen (201, 202, 204) verschiebbar ist. Das Gehäuse (200) weist Öffnungen (223, 224, 225) auf, an die die zuvor erwähnten Druckluftleitungen (22, 24, 25) angeschlossen sind. Des weiteren ist im unteren Bereich des Gehäuses (200) eine Öffnung für den Entlüftungsanschluß (215) vorgesehen.

Die Wandung (210) des Ventilkörpers (209) weist auf der der Öffnung (224) zugewandten Seite eine Öffnung (212) auf. Diese Öffnung (212) ist in ihrem Querschnitt relativ klein bemessen, verglichen mit den übrigen Durchflußquerschnitten des Ventils (20). Hierdurch kann bei einem Druckluft-Durchfluß durch die Öffnung (212) eine Drosselwirkung erzielt werden, die in der erwähnten zweiten und dritten Schaltstellung des Ventils (20) wirksam wird.

Ein über die Druckluftleitung (22) eingespeister Druckluftstrom kann in der in der Fig. 3 dargestellten Schaltstellung des Ventils (20) durch den Kanal (213) in die Druckluftleitung (24) gelangen und von dort aus durch den Lufttrockner (21) zu dem Rückschlagventil (50) gelangen. Ein Druckluftstrom durch die Druckluftleitung (25) wird durch die Dichtungen (202, 204) unterbunden, d. h. die Druckluftleitung (25) ist abgesperrt. Gemäß der durch den Pfeil (23) angedeuteten

Flußrichtung kann sich die Druckluft außerdem durch eine den Kolben (205) durchdringende Öffnung (214) in den von dem Kolben (205), der Gehäuseunterseite (222) sowie der Dichtung (206) abgeschlossenen Raum ausbreiten.

Sobald der über die Druckluftleitung (22) in das Ventil (20) eingespeiste Druck einen gewissen Mindestwert überschreitet, der unter anderem auch von der Reibung zwischen dem Ventilkörper (209) und den Dichtungen (201, 202, 204) abhängt, beginnt der Kolben (205), sich entgegen der Kraft der Feder (208) vom Gehäuseboden (222) wegzubewegen. Ein derartiger Zustand ist in der Fig. 4 dargestellt, wobei in der Fig. 4 der in dem Ventil (20) vorhandene Druck bereits eine Größe erreicht hat, bei dem der Kolben (205) entgegen der Kraft der Feder (208) eine wesentliche Bewegung ausgeführt hat, durch die das Ventil (20) seine zweite Schaltstellung einnimmt.

In dieser zweiten Schaltstellung erreicht der Ventilkörper (209) die Dichtung (201), wodurch der in der Fig. 3 dargestellte Kanal (213) abgesperrt wird. Ein Druckluftstrom von der Druckluftleitung (22) zu der Druckluftleitung (24) erfolgt nun durch die als Drosselstelle wirkende Öffnung (212), wie durch den Pfeil (216) angedeutet. Gemäß dem Pfeil (23) erfolgt weiterhin eine Druckluftausbreitung durch die Öffnung (214) in den von dem Kolben (205), dem Gehäuseboden (222) und die Dichtung (206) umschlossenen Raum. Die Druckluftleitung (25) ist weiterhin abgesperrt.

Bei weiter ansteigendem Druck in dem Ventil (20) wird die in der Fig. 5 dargestellte dritte Schaltstellung des Ventils (20) eingenommen. In dieser Schaltstellung liegt der Kolben (205) an der Oberseite des Gehäusebereichs (207) an. Ein Druckluftstrom von der Druckluftleitung (22) zu der Druckluftleitung (24) erfolgt wie in der zweiten Schaltstellung weiterhin gedrosselt durch die Öffnung (212), wie durch den Pfeil (216) dargestellt. Der zuvor durch die Dichtungen (202, 204) geschlossene und die Druckluftleitung (25) absperrende Raum ist nun gegenüber der Dichtung (204) geöffnet, so daß Druckluft von der Druckluftleitung (25) durch die Öffnung (215) in die Atmosphäre ausströmen kann, wie durch den Pfeil (217) dargestellt.

In der Fig. 6 ist eine alternative Ausführungsform der Luftabgabe-/-trocknereinrichtung (2) dargestellt. Hier wird statt des zuvor erläuterten 4/3-Wegeventils ein 4/2-Wegeventil verwendet, d. h. ein vereinfacht ausgeführtes Ventil mit nur zwei Schaltstellungen. Hierdurch kann das Ventil (20) einfacher konstruiert und kostengünstiger hergestellt werden.

In einer weiteren Ausführungsform, die in der Fig. 7 dargestellt ist, kann die Luftabgabe-/-trocknereinrichtung (2) auch mit einem elektromagnetisch betätigbaren Ventil (219) als Entlüftungsventil versehen werden. Das Entlüftungsventil (219) gemäß Fig. 7 weist einen Elektromagneten (27) als Betätigungs element statt der Druckmittelbetätigung auf. Der Elektromagnet (27) kann über eine elektrische Leitung (26) mit dem Steuergerät (5) verbunden werden.

In einer weiteren Ausgestaltung gemäß Fig. 8 ist die Luftabgabe-/trocknereinrichtung (2) mit einer druckgesteuerten Ventileinrichtung (220) versehen, die dem Lufttrockner (21) nachgeschaltet ist. Dem Lufttrockner (21) ist außerdem eine Drossel (28) vorgeschaltet. Die Ventileinrichtung (220) ist als ein 3/2-Wegeventil ausgebildet, daß in die an dem Druckauslaß des Lufttrockners (21) angeschlossene Druckluftleitung geschaltet ist. Hierdurch ergibt sich eine einfache Führung der Druckluftleitungen auf der Auslaßseite des Lufttrockners (21).

In der Fig. 9 ist eine weitere Ausgestaltung der Luftabgabe-/trocknereinrichtung (2) dargestellt, die wie in der Fig. 8 eine dem Lufttrockner (21) vorgeschaltete Drossel (28) sowie eine dem Lufttrockner (21) nachgeschaltete, druckgesteuerte Ventileinrichtung (29) vorsieht. Die Ventileinrichtung (29) ist als 2/2-Wegeventil ausgebildet. Hierdurch ist die Luftabgabe-/trocknereinrichtung (2) besonders kostengünstig herstellbar. Die gemäß Fig. 9 dargestellte zusätzliche Abzweigungsstelle der Druckluftleitungen auf der Auslaßseite des Lufttrockners kann in einer praktischen Realisierung vorteilhaft direkt in die Ventileinrichtung (29) integriert werden, so daß sich gegenüber der Ausgestaltung gemäß Fig. 8 kein erhöhter Aufwand hinsichtlich der Führung der Druckluftleitungen ergibt.

Für eine schnelle Druckluftförderung zu den Luftfederbälgen bzw. von den Luftfederbälgen ist die Drossel (28) derart auszulegen, daß eine für die gewünschten

Anforderungen ausreichende Druckluftströmung durch die Drossel (28) möglich ist. Um hingegen bei geöffneter Ventileinrichtung (29) eine gute Regenerationswirkung des Trockner-Granulates zu erreichen, sollte der Durchlaßquerschnitt der Ventileinrichtung (29, 220) deutlich größer sein als der Durchlaßquerschnitt der Drossel (28), z.B. im Verhältnis 4:1.

Wie erkennbar ist, können die in den Fig. 6, 8 und 9 dargestellten Ausführungsformen der Luftabgabe-/trocknereinrichtung (2) analog zu der Ausführungsform gemäß Fig. 7 je nach Bedarf ebenfalls mit einem elektromagnetisch betätigbaren Entlüftungsventil anstelle der dargestellten druckbetätigbaren Ventile (20, 220, 29) ausgestattet werden.

Gemäß Fig. 1 wird als Umschaltventileinrichtung (3) eine durch Druckluft vorgesteuerte, elektromagnetisch betätigbare Wegeventil-Anordnung vorgeschlagen, die aus einem Vorsteuerventil (31) und einem Umschaltventil (30) besteht. Das Vorsteuerventil (31) ist als ein elektromagnetisch betätigtes 3/2-Wegeventil ausgebildet, welches von dem Steuergerät (5) über eine elektrische Leitung betätigbar ist. Das Umschaltventil (30) ist als ein druckluftbetätigbares 4/2-Wegeventil ausgebildet, das über Druckluftanschlüsse (315, 316, 317, 318) mit den übrigen Teilen der Luftfederungsanlage verbunden ist. Der druckluftbetätigbare Steuereingang des Umschaltventils (30) ist über das Vorsteuerventil (31) wahlweise mit dem von der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) über die Luftabgabe-/trocknereinrichtung (2) und das Rückschlagventil (50) abgegebenen Druck

oder mit der Atmosphäre verbindbar. Zur Vermeidung von unerwünscht hohem Luftverbrauch beim Betätigen des Umschaltventils (30) ist das Steuervolumen dieses Ventils gering zu halten. Ein Ausführungsbeispiel für ein derartig ausgestaltetes Umschaltventil mit geringem Steuervolumen ist in den Fig. 13 und 14 dargestellt. Des Weiteren ist es vorteilhaft, zur Minimierung des Luftverbrauchs die Umschalthäufigkeit durch geeignete Steueralgorithmen in dem Steuergerät (5) geringzuhalten.

Gegenüber einem direkt durch einen Elektromagneten gesteuerten 4/2-Wege-Umschaltventil hat die in der Fig. 1 dargestellte Ventilanordnung (3) mit einem Vorsteuerventil den Vorteil, daß die Betätigungskräfte, welche der Elektromagnet aufbringen muß, geringer ausfallen. Hierdurch kann der Elektromagnet kleiner und kostengünstiger ausgelegt werden. Das Entnehmen des Vorsteuerrucks aus dem Druckluftausgangzweig der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) hat den Vorteil, daß die Umschaltventileinrichtung (3) in jedem Betriebszustand der Luftfederungsanlage funktionsfähig ist, z. B. auch bei erstmaliger Inbetriebnahme bei noch leerem Druckluftspeicher (9).

In der Fig. 10 ist eine alternative Ausführung der Umschaltventileinrichtung (3) mit einem elektromotorisch betätigbaren, als Schieberventil ausgebildeten Umschaltventil (30) sowie einem von dem Steuergerät (5) zur Betätigung ansteuerbaren Elektromotor (32) dargestellt.

Eine weitere alternative Ausführungsform der Umschaltventileinrichtung (3) ist in der Fig. 11 dargestellt. Dort wird statt eines einzigen Umschaltventils mit 4/2-Wegefunktion, wie anhand der Fig. 1 und 10 erläutert, eine Kombination aus zwei druckgesteuerten 3/2-Wegeventilen (33, 34) vorgeschlagen, welche von dem bereits erläuterten Vorsteuerventil (31) betätigbar sind. Die in der Fig. 11 dargestellte Umschaltventileinrichtung (3) kann hinsichtlich ihrer Druckluft-Anschlußseiten (35, 36) nach Belieben in die Luftfederungsanlage gemäß Fig. 1 integriert werden. Mit anderen Worten, es kann z. B. die Anschlußseite (35) mit der Druckluft-Förderungseinrichtung und die Anschlußseite (36) mit dem Druckluftspeicher bzw. den Luftfederbälgen verbunden werden. Umgekehrt kann auch die Anschlußseite (36) mit der Druckluft-Förderungseinrichtung und dann die Anschlußseite (35) mit dem Druckluftspeicher und den Luftfederbälgen verbunden werden.

Eine weitere Ausführungsform der Umschaltventileinrichtung (3) ist in der Fig. 12 angegeben. Dort werden für die Umschaltung vier pneumatisch betätigbare 2/2-Wegeventile (37, 38, 39, 300) eingesetzt, welche von dem bereits erläuterten Vorsteuerventil (31) betätigbar sind. Die Anschlußseiten (35, 36) der Umschaltventileinrichtung (3) können ebenfalls, wie anhand der Fig. 11 erläutert, wahlweise in die Luftfederungsanlage gemäß Fig. 1 angeschlossen werden.

Anhand der Fig. 13 und 14 soll eine vorteilhafte konstruktive Ausgestaltung der in der Fig. 1 dargestellten Umschaltventileinrichtung (3) erläutert werden. In der

Fig. 13 ist die Umschaltventileinrichtung (3) im unbetätigten Zustand dargestellt, in der Fig. 14 im betätigten Zustand.

Die Umschaltventileinrichtung (3) besteht, wie erläutert, aus dem Vorsteuerventil (31) und dem Umschaltventil (30). Das Vorsteuerventil (31) weist eine Elektromagnetanordnung (301, 302) auf, die als elektrische Spule (301) und ein innerhalb der Spule (301) angeordneter, in Längsrichtung der Spule (301) beweglicher Anker (302) ausgebildet ist. Der Anker (302) dient zugleich als Ventilschließkörper. Für den Verwendungszweck als Ventilschließkörper ist der Anker an seiner einen Stirnseite mit einer aus einem Elastomer bestehenden Dichtung (305) und an seiner entgegengesetzten Stirnseite mit einer weiteren ebenfalls aus einem Elastomer bestehenden Dichtung (306) versehen. An seinem Umfang weist der Anker (302) in Längsrichtung verlaufende Nuten (307, 308) auf, die als Luftführungskanäle dienen. Der Anker (302) stützt sich auf einer Feder (304) ab, die innerhalb der Spule (301) angeordnet ist. Die Feder (304) stützt sich wiederum auf einem Ventilverschlußstück (309) ab, welches das Vorsteuerventil (31) an seiner Oberseite abschließt. Das Ventilverschlußstück (309) ist mit einer entlang seiner Längsachse verlaufenden Bohrung versehen, welche als Druckauslaßkanal (303) zur Entlüftung der von dem Vorsteuerventil (31) in das Umschaltventil (30) einsteuerbaren Druckluft in die Atmosphäre dient.

Das Vorsteuerventil (31) ist mit dem Umschaltventil (30) zu einer starren Einheit verbunden. In dem unbetätigten Zustand ist die Umschaltventileinrichtung (3) in der Fig. 13 dargestellt.

tigten Zustand, wie in Fig. 13 dargestellt, wird der Anker (302) infolge der Kraft der Feder (304) auf einen in dem Umschaltventil (30) vorgesehenen Ventilsitz (311) gedrückt. Hierbei verschließt die Dichtung (306) den Ventilsitz (311). Die Dichtung (305) liegt in diesem Zustand nicht an dem Ventilverschlußstück (309) an, d. h. der Druckauslaßkanal (303) ist geöffnet.

Das Umschaltventil (30) besteht aus einem Ventilgehäuse (319), der verschiedene Druckluftanschlüsse (314, 316, 317, 318) sowie Lüftführungskanäle (314, 312) aufweist. Der Druckluftanschluß (315) dient zum Anschluß an die Auslaßseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1), d. h. bei Zugrundelegung der Darstellung der Fig. 1 zum Anschluß an die Auslaßseiten der Rückschlagventile (50, 52). Der Druckluftanschluß (317) dient zum Anschluß an die Ansaugseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1), d. h. gemäß Fig. 1 zum Anschluß an die Einlaßseiten der Rückschlagventile (51, 52). Der Druckluftanschluß (318) dient zum Anschluß des Druckluftspeichers (9) über das Speicherventil (8). Der Druckluftanschluß (316) dient zum Anschluß der Luftfederbälge (64, 65, 66, 67) über die Balgventile (60, 61, 62, 63).

Über den Druckluftkanal (314) kann zur Vorsteuerung zu verwendende Druckluft zu dem Vorsteuerventil (31) bzw. zum Anker (302) strömen. Bei einer Betätigung des Vorsteuerventils (31) durch Anlegen vom elektrischem Strom wird der Anker (302) entgegen der Kraft der Feder (304) in die in der Fig. 14 dargestellte Stellung bewegt. Hierbei wird der Ventilsitz (311) freigegeben, so daß Druckluft über eine Kammer (310) sowie über den Druck-

luftkanal (312) in eine Vorsteuerkammer (313) strömen kann. Die Vorsteuerkammer (313) wird von einem längsbeweglichen Kolben (320) begrenzt, der mit dem in der Vorsteuerkammer (313) befindlichen Druckluft beaufschlagt wird. Der Kolben (320) stützt sich über eine Feder (321) an einen Gegenanschlag im Ventilgehäuse (319) ab. Bei entsprechender Druckluftbeaufschlagung in der Kammer (313) bewegt sich der Kolben (320) entgegen der Kraft der Feder (321) in die in der Fig. 14 dargestellte Stellung. Hierbei wird ein mit dem Kolben (320) fest verbundener Ventilschieber (322) in die in der Fig. 14 dargestellte Position mitbewegt.

Über den Ventilschieber (322) werden die Verbindungen zwischen den Druckluftanschlüssen (315, 316, 317, 318) in der anhand der Fig. 1 bereits erläuterten Weise hergestellt. In der in der Fig. 13 dargestellten unbetätigten Stellung der Umschaltventileinrichtung (3) ist dabei der Druckluftanschluß (315) mit dem Druckluftanschluß (318) verbunden, und der Druckluftanschluß (316) ist mit dem Druckluftanschluß (317) verbunden. Im betätigten Fall gemäß Fig. 14 ist der Druckluftanschluß (315) mit dem Druckluftanschluß (316) verbunden, und der Druckluftanschluß (317) ist mit dem Druckluftanschluß (318) verbunden.

Als weitere Funktionseinheit ist in der Fig. 1 die Luftansaugeinrichtung (4) vorgesehen. Diese weist einen mit der Atmosphäre verbundenen Luftsauganschluß (42), einen Filter (41) zur Ausfilterung von Verunreinigungen der Umgebungsluft sowie ein Rückschlagventil (40) auf. Diese Art der Ausführungsform der Luftansaugeinrichtung

(4) hat den Vorteil, daß bei entsprechendem Luftbedarf an der Ansaugseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1), z. B. bei zu geringem Druck in dem Druckluftspeicher (9) oder bei abgesperrten Ventilen (8, 60, 61, 62, 63) im Falle der Regeneration des Trockner-Granulates, automatisch in ausreichender Weise Luft aus der Atmosphäre angesaugt wird, da das Rückschlagventil (40) keiner besonderen Steuerung bedarf.

Eine alternative Ausführungsform der Luftsaugeinrichtung (4) ist in der Fig. 17 dargestellt. Dort wird statt des Rückschlagventils (40) ein elektromagnetisch betätigbares 2/2-Wegeventil (43) als Ansaugventil verwendet, das über eine elektrische Leitung (44) von dem Steuergerät (5) betätigbar ist. Eine Betätigung durch das Steuergerät (5) erfolgt immer dann, wenn ein Ansaugbedarf aus der Atmosphäre vorliegt, z. B. im Regenerationsbetrieb oder zur Anpassung der wirksamen Förderleistung der Druckluft-Förderungseinrichtung (1). Des weiteren kann anhand des über den Drucksensor (7) ermittelten Ausgangsdrucks der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) ebenfalls auf einen Ansaugbedarf geschlossen werden. Alternativ könnte auch auf der Ansaugseite der Druckluft-Förderungseinrichtung ein weiterer Drucksensor vorgesehen werden, der ein Drucksignal an das Steuergerät (5) abgibt.

In der Ausgestaltung der Luftfederungsanlage gemäß Fig. 15 ist als Bypassventil ein Überströmventil (74) vorgesehen, das als Druckbegrenzungsventil wirkt und mit den Anschlüssen (316, 318) der Umschaltventileinrichtung (3) verbunden ist. Das Überströmventil (74)

bewirkt bei einem einen vorbestimmten Druckwert übersteigenden Druck in der Druckluftleitung (72) ein Durchströmen der Druckluft zu dem Anschluß (318) und infolgedessen eine Rückströmung der Druckluft über den Anschluß (317), das Rückschlagventil (51) zu dem Ansauganschluß (105) der Druckluft-Förderungseinrichtung (1). Hierdurch wird der in der Druckluftleitung (72) vorliegende Druck verringert, was zur Folge hat, daß die wirksame Förderleistung der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) geringer wird und sich dem vorliegenden Bedarf automatisch anpaßt. Der Ansprechdruck des Überströmventils (74) wird vorzugsweise derart festgelegt, daß ein Überströmen und damit ein Druckabbau auf der Auslaßseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) erfolgt, wenn weniger als drei der Balgventile (60, 61, 62, 63) in die Durchlaßstellung geschaltet sind.

In der Ausgestaltung gemäß Fig. 16 ist als Bypassventil statt des zuvor erläuterten Überströmventils (74) ein elektromagnetisch betätigbares 2/2-Wegeventil (73) in analoger Weise wie das Überströmventil (74) angeordnet. Das 2/2-Wegeventil (73) ist über eine elektrische Leitung mit dem Steuergerät (5) verbunden und über ein elektrisches Signal von diesem betätigbar. Bei Betätigung des 2/2-Wegeventils (73) wird die wirksame Förderleistung der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) durch Rückströmung der geförderten Luft zu dem Ansauganschluß (105) der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) verringert.

Wie erkennbar ist, beschränkt sich die Anordnung des Bypassventils (73, 74) nicht auf die zuvor erläuterten

Ausgestaltungen. Vielmehr kann das Bypassventil (73, 74) zwischen beliebigen Punkten der Ansaugseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) einerseits und der Auslaßseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) andererseits angeordnet werden.

Die zuvor hinsichtlich ihres Aufbaus beschriebene Luftfederungsanlage kann in einer Reihe von Betriebsmodi betrieben werden, die nachfolgend erläutert werden sollen. Hierbei ergeben sich bei der in der Fig. 1 dargestellten Luftfederungsanlage sowie bei den zuvor erläuterten Ausgestaltungen gemäß den Fig. 2 bis 14 eine Reihe von Synergieeffekten, durch die die Luftfederungsanlage besonders effizient eingesetzt werden kann.

Folgende Betriebsmodi der Luftfederungsanlage werden nachfolgend unterschieden:

1. "Neutralzustand": Hiermit ist ein Grundzustand der Luftfederungsanlage bezeichnet, in welchem keine Druckluftförderung oder Druckluftbewegung zwischen den einzelnen Komponenten der Luftfederungsanlage durchgeführt wird. Dieser Zustand wird insbesondere bei den in der Fig. 1 angegebenen Schaltstellungen der Ventile sowie bei ausgeschaltetem Elektromotor (6) eingenommen.
2. "Erhöhen": Hiermit ist ein Erhöhen der Druckluftmenge in einem oder mehreren Luftfederbälgen (64, 65, 66, 67) bezeichnet.

3. "Absenken": Hiermit ist ein Absenken der Druckluftmenge in einem oder mehreren Luftfederbälgen (64, 65, 66, 67) bezeichnet.
4. "Minderdruckkompensation": Hiermit ist eine Kompensation von zu geringem Luftdruck bzw. einer zu geringen Druckluftmenge, z. B. in dem Druckluftspeicher (9), durch Ansaugung von Luft aus der Atmosphäre bezeichnet.
5. "Überdruckkompensation": Hiermit ist eine Kompensation von zu hohem Luftdruck bzw. einer zu großen Druckluftmenge in der Luftfederungsanlage, z. B. in dem Druckluftspeicher (9), durch Entlüftung in die Atmosphäre bezeichnet.
6. "Regeneration": Hiermit ist eine Regeneration des Lufttrockners (21) bezeichnet, d. h. das Entfernen von in dem Trockner-Granulat des Lufttrockners (21) gespeicherter Feuchtigkeit durch Entlüftung von in der Luftfederungsanlage gespeicherter oder aus der Atmosphäre angesaugter Luft durch den Lufttrockners (21) in die Atmosphäre.
7. "Anlaufhilfe": Hiermit ist eine Unterstützung des Anlaufens der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) bzw. dessen als Antrieb verwendeten Elektromotors (6) durch Druckluftunterstützung bezeichnet.

Ausgehend von dem Neutralzustand sind bei erstmaliger Inbetriebnahme der Luftfederungsanlage gemäß Fig. 1 der Druckluftspeicher (9) sowie die Luftfederbälge (64, 65,

66, 67) zunächst auf einem Druckniveau, das dem Atmosphärendruck entspricht. Eine für eine bestimmungsge- mäße Funktion der Luftfederungsanlage ausreichende Druckluftmenge ist somit in diesem Zustand somit noch nicht vorhanden. Dies erkennt das Steuergerät (5) durch Auswertung der durch die Wegsensoren (68, 69, 70, 71) bereitgestellten Weginformationen. Sofern der Drucksensor (7) ebenfalls vorgesehen ist, zieht das Steuergerät (5) die durch den Drucksensor (7) bereitgestellte Druckinformation zusätzlich zur Erkennung der nicht ausreichenden Luftmenge heran. In diesem Zustand steuert das Steuergerät (5) die Luftfederungsanlage zu- nächst einmal in den Betriebsmodus "Minderdruckkompen- sation".

Hierfür wird mittels der Umschaltventileinrichtung (3) eine Verbindung zwischen dem Auslaßanschluß (106) der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) und den Luftfeder- bälgen (64, 65, 66, 67) geschaltet. Hierdurch wird zu- gleich der Druckluftspeicher (9) mit der Ansaugseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) verbunden. Zu- dem werden das Speicherventil (8) und die Balgventile (60, 61, 62, 63) in die geöffnete Stellung geschaltet. Sodann wird der Elektromotor (6) eingeschaltet, so daß die Druckluft-Förderungseinrichtung (1) beginnt, Druck- luft zu fördern. Da aus dem mit dem Druckluftspeicher (9) verbundenen Druckluftleitungszweig auf der Ansaug- seite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) keine nennenswerte Luftmenge angesaugt werden kann, bildet sich auf der Ansaugseite sodann ein Unterdruck gegen- über dem Atmosphärendruck, welcher ein Öffnen des Rück- schlagventils (40) bewirkt. Hierdurch kann die Druck-

luft-Förderungseinrichtung (1) Luft aus der Atmosphäre durch die Luftansaugeeinrichtung (4) ansaugen. Die angesaugte Luft wird auf der Auslaßseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) abgegeben und strömt über die Luftabgabe-/trocknereinrichtung (2), das Rückschlagventil (50), die Umschaltventileinrichtung (3) und die Balgventile (60, 61, 62, 63) in die Luftfederbälge (64, 65, 66, 67).

Hierbei wird die entstehende Niveaulage über die Wegsensoren (68, 69, 70, 71) durch das Steuergerät (5) überwacht. Bei Erreichen einer gewünschten Niveaulage an einem der Luftfederbälge (64, 65, 66, 67) schaltet das Steuergerät (5) das diesem Luftfederbalg vorschaltete Balgventil (60, 61, 62, 63) in die Absperrstellung. Sobald alle Balgventile (60, 61, 62, 63) auf diese Weise in die Absperrstellung geschaltet worden sind, schaltet das Steuergerät (5) den Elektromotor (6) ab und das Speicherventil (8) in die Absperrstellung. Hiermit ist der Auffüllvorgang der Luftfederbälge (64, 65, 66, 67) abgeschlossen.

Neben der Auffüllung der Luftfederbälge (64, 65, 66, 67) kann bei der Inbetriebnahme der Luftfederungsanlage auch ein Auffüllen des zunächst auf Atmosphärendruck befindlichen Druckluftspeichers (9) sinnvoll sein. Hierzu wird mittels der Umschaltventileinrichtung (3) eine Verbindung zwischen dem Auslaßanschluß (106) der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) und dem Druckluftspeicher (9) geschaltet. Das Speicherventil (8) wird in die geöffnete Stellung geschaltet, die Balgventile (60, 61, 62, 63) verbleiben in der Absperrstellung. Sodann

wird der Elektromotor (6) eingeschaltet, so daß die Druckluft-Förderungseinrichtung (1) beginnt, Druckluft zu fördern. Die Druckluft-Förderungseinrichtung (1) saugt sodann Luft aus der Atmosphäre durch die Luftsaugeeinrichtung (4) an. Die angesaugte Luft wird auf der Auslaßseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) abgegeben und strömt über die Luftabgabe-/ -trocknereinrichtung (2), das Rückschlagventil (50), die Umschaltventileinrichtung (3) und das Speicherventil (8) in den Druckluftspeicher (9).

Dieser Auffüllvorgang des Druckluftspeichers (9) kann beispielsweise zeitgesteuert ablaufen, d.h. der Elektromotor (6) wird für eine vorbestimmte Auffüll-Zeitspanne eingeschaltet. Sofern der Drucksensor (7) vorgesehen ist, wird die entstehende Druckhöhe über den Drucksensor (7) durch das Steuergerät (5) überwacht. Nach Ablauf der vorbestimmten Auffüll-Zeitspanne oder bei Erreichen eines gewünschten Druckwerts schaltet das Steuergerät (5) den Elektromotor (6) wieder ab und schaltet außerdem das Speicherventil (8) in die Absperrstellung. Hiermit ist der Auffüllvorgang des Druckluftspeichers (9) abgeschlossen.

Der zuvor erläuterte Auffüllvorgang bzw. der Betriebsmodus "Minderdruckkompensation" wird von dem Steuergerät (5) auch im späteren Betrieb der Luftfederungsanlage automatisch eingestellt, wenn anhand der Signale der Sensoren (7, 68, 69, 70, 71) eine zu geringe Luftmenge in der Luftfederungsanlage vermutet wird.

Im späteren Betrieb, d. h. nach erstmaligem Auffüllen des Druckluftspeichers (9) und der Luftfederbälge (64, 65, 66, 67), kann der oben beschriebene Minderdruck-Zustand z. B. infolge von Undichtigkeiten an Teilen der Luftfederungsanlage oder auch durch einen Betrieb der Luftfederungsanlage unter geänderten klimatischen Gegebenheiten, d. h. bei geringeren Umgebungstemperaturen, auftreten. So ist beispielsweise notwendig, einen bei hohen Umgebungstemperaturen auf einen erwünschten Solldruck aufgefüllten Druckluftspeicher (9) mit Druckluft nachzubefüllen, wenn das mit der Luftfederungsanlage ausgestattete Fahrzeug in einer Region mit geringeren Umgebungstemperaturen betrieben wird. Wie erläutert, erkennt das Steuergerät (5) einen solchen Minderdruck-Zustand automatisch durch regelmäßige Auswertung der Signale der Sensoren (7, 68, 69, 70, 71) und stellt in einem solchen Fall automatisch den Betriebsmodus "Minderdruckkompensation" ein.

Im umgekehrten Fall kann es bei einem Fahrzeug, das zunächst in einer kälteren klimatischen Region betrieben wird, bei einem Betrieb in einer wärmeren klimatischen Region vorkommen, daß die Luftmenge in der Luftfederungsanlage zu groß ist, was sich an einem Druck im Druckluftspeicher (9) äußert, der oberhalb eines gewünschten bzw. eines zulässigen Grenzwerts liegt. In einem solchen Fall wird der Betriebsmodus "Überdruckkompensation" aktiviert.

Hierzu verbindet das Steuergerät (5) mittels der Um- schaltventileinrichtung (3) den Druckluftspeicher (9) mit der Ansaugseite der Druckluft-Förderungseinrichtung

(1). Zum Abbau des Überdrucks kann nun durch Öffnen des Speicherventils (8) Druckluft aus dem Druckluftspeicher (9) über das Speicherventil (8), die Umschaltventileinrichtung (3), das Rückschlagventil (51) sowie die Druckluft-Förderungseinrichtung (1) zu der Luftabgabe-/trocknereinrichtung (2) gelangen. Infolge des Rückschlagventils (40) kann die Druckluft hierbei nicht über die Luftansaugeinrichtung (4) entweichen, sondern strömt durch die in Strömungsrichtung automatisch öffnenden Rückschlagventile (11, 13) durch die Druckluft-Förderungseinrichtung (1) hindurch, ohne daß der Elektromotor (6) eingeschaltet werden muß. In der Luftabgabe-/trocknereinrichtung (2) bewirkt der ankommende Überdruck ein Umschalten des Ventils (20) in seine dritte Schaltstellung, so daß die Druckluft weiter durch das Ventil (20), die Druckluftleitung (24), den Lufttrockner (21), die Druckluftleitung (25) und wiederum durch das Ventil (20) durch den Entlüftungsanschluß (215) in die Atmosphäre strömen kann. Über das Rückschlagventil (50) strömt in diesem Zustand keine Luft, da die in diesem Betriebszustand über die Umschaltventileinrichtung (3) mit dem Rückschlagventil (50) verbundenen Balgventile (60, 61, 62, 63) sich alle in der Absperrstellung befinden.

Der Zustand "Überdruckkompensation" kann beispielsweise so lange beibehalten werden, bis sich der Überdruck so weit abgebaut hat, daß das Ventil (20) selbsttätig in seine zweite Schaltstellung zurückgeht. In diesem Fall erfolgt eine Regelung und Begrenzung des Überdrucks durch geeignete Abstimmung zwischen der Druckluftbetätigung des Ventils (20) und der Rückstellfeder (208),

mit anderen Worten, durch entsprechende Wahl der wirk-samen Fläche des Kolbens (205) sowie der Kraft der Fe-der (208).

Wie aus den vorangegangenen Erläuterungen erkennbar ist, erfolgt die Einstellung und Beibehaltung eines ge-eigneten Druckbereichs in der Luftfederungsanlage auch ohne Verwendung des Drucksensors (7) quasi automatisch, da sich auf der einen Seite bei entsprechendem Minder-druck automatisch das Rückschlagventil (40) öffnet und somit eine Luftansaugung aus der Atmosphäre ermöglicht, auf der anderen Seite bei entsprechendem Überdruck sich automatisch das Ventil (20) öffnet und ein Ausströmen der überschüssigen Luft in die Atmosphäre ermöglicht.

Die dargestellte Luftfederungsanlage ist damit auch ohne den Drucksensor (7) funktionsfähig. Somit kann z. B. aus Kostengründen auf diesen Drucksensor verzich-tet werden. Falls dennoch ein Drucksensor (7) vorgese-hen ist, besteht ein weiterer Vorteil darin, daß auch bei einem Defekt oder Ausfall des Drucksensors (7) die Luftfederungsanlage sicher weiterbetrieben werden kann.

Eine Vermeidung von unzulässigem Überdruck in dem Druckluftspeicher (9) kann z. B. in einer Luftfede-rungsanlage ohne Drucksensor (7) durch ein Verbinden des Druckluftspeichers (9) mit dem zur Überdrucksiche-rung dienenden Ventil (20) in regelmäßigen Zeitabstän-den, z. B. alle 30 Minuten, sichergestellt werden.

Bei Verwendung des Drucksensors (7) sind weitere Regel-algorithmen realisierbar, die in dem Steuergerät (5)

als Steuerprogramm vorgesehen werden können, und durch die weitere Vorteile bei der Steuerung der Luftfederungsanlage erzielt werden können.

Bei Vorhandensein des Drucksensors (7) führt das Steuergerät (5) in einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung eine regelmäßige Überwachung des Drucks in dem Druckluftspeicher (9) durch. Hierfür verbindet das Steuergerät (5) den Druckluftspeicher (9) durch Betätigung des Speicherventils (8) und der Umschaltventileinrichtung (3) mit dem Drucksensor (7). Über die Rückschlagventile (50, 52) wird dabei verhindert, daß sich die Druckluft aus dem Druckluftspeicher (9) unerwünschterweise in andere Zweige der Luftfederungsanlage ausbreitet. Stellt das Steuergerät (5) bei einer derartigen regelmäßigen Kontrolle fest, daß der Druck im Druckluftspeicher (9) einen gewünschten Grenzwert überschreitet, stellt das Steuergerät (5) den Betriebsmodus "Überdruckkompensation" ein.

Zusätzlich ist es vorteilhaft, eine Kontrolle und Festlegung des zu begrenzenden Luftdrucks mittels des Steuergeräts (5) vorzusehen. Hierfür unterbricht das Steuergerät (5) in vorbestimmten Zeitabständen die zuvor beschriebene Überdruck-Entlüftung über das Ventil (20) durch Umschalten der Umschaltventileinrichtung (3), derart, daß wiederum eine Verbindung zwischen dem Drucksensor (7) und dem Druckluftspeicher (9) hergestellt wird, so daß der verbliebene Luftdruck im Druckluftspeicher gemessen werden kann. Sollte dabei ein Druckwert ermittelt werden, der oberhalb eines in dem Steuergerät (5) gespeicherten Grenzwertes liegt, so

schaltet das Steuergerät (5) die Umschaltventileinrichtung (3) erneut um, so daß ein weiterer Überdruckabbau über das Ventil (20) erfolgen kann. Andernfalls beendet das Steuergerät (5) den Betriebszustand "Überdruckkompensation" und stellt wiederum den Betriebsmodus "Neutralzustand" ein.

Zusätzlich prüft in einer vorteilhaften Ausgestaltung das Steuergerät (5) in gewissen Zeitabständen die in den Luftfederbälgen (64, 65, 66, 67) vorliegenden Druckwerte durch Verbinden eines der Luftfederbälge (64, 65, 66, 67) mit dem Drucksensor (7) durch geeignete Steuerung der Umschaltventileinrichtung (3) und der Absperrventile (8, 60, 61, 62, 63). Die ermittelten Druckwerte der Luftfederbälge (64, 65, 66, 67) und des Druckluftspeichers (9) werden in dem Steuergerät (5) gespeichert.

Falls zwischen dem Druckniveau im Druckluftspeicher (9) einerseits und den Druckniveaus in den Luftfederbälgen (64, 65, 66, 67) andererseits erheblich Unterschiede auftreten, können diese von dem Steuergerät (5) anhand der gespeicherten Druckwerte festgestellt werden und geeignete Abhilfemaßnahmen eingeleitet werden. So würde eine große Druckdifferenz zwischen dem Druckluftspeicher (9) und den Luftfederbälgen (64, 65, 66, 67) beim Fördern von dem niedrigen in das hohe Druckniveau zu einer relativ langen Einschaltzeit der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) führen. Um die Einschaltzeit zu verringern, kann das Steuergerät (5) in einer vorteilhaften Ausgestaltung derart programmiert sein, daß es

die genannte Druckdifferenz auf einen vorbestimmten Wert begrenzt.

Falls der Druckluftspeicher (9) ein um mehr als den vorbestimmten Wert höheres Druckniveau aufweisen sollte als die Luftfederbälge (64, 65, 66, 67), schaltet das Steuergerät (5) die Luftfederungsanlage in den bereits erläuterten Betriebsmodus "Überdruckkompensation", wobei zusätzlich durch Einschalten des Elektromotors (6) die Druckluft-Förderungseinrichtung (1) durch das Steuergerät (5) für eine vorbestimmte Zeit in Betrieb gesetzt wird. Hierdurch wird eine bestimmte Luftmenge über das Ventil (20) in die Atmosphäre gepumpt. Nach Ablauf der vorbestimmten Zeit schaltet das Steuergerät (5) die Druckluft-Förderungseinrichtung (1) wieder ab und überprüft erneut den im Druckluftspeicher (9) dann vorliegenden Druck.

Falls andererseits der Druckluftspeicher (9) ein um mehr als den vorbestimmten Wert niedrigeres Druckniveau aufweisen sollte als die Luftfederbälge (64, 65, 66, 67), schaltet das Steuergerät (5) die Luftfederungsanlage in den bereits erläuterten Betriebsmodus "Minderdruckkompensation". Hierdurch wird über die Luftansaugeinrichtung (4) Luft aus der Atmosphäre angesaugt und in den Druckluftspeicher (9) gepumpt. Bei Erreichen eines gewünschten Druckwerts schaltet das Steuergerät (5) die Luftfederungsanlage wieder in den Betriebsmodus "Neutralzustand".

Im weiteren Betrieb der Luftfederungsanlage überprüft das Steuergerät (5) anhand der Signale der Wegsensoren

(68, 69, 70, 71), ob die Niveaulage des Fahrzeugaufbaus gegenüber den Fahrzeugrädern bzw. der Fahrbahn einem gewünschten Sollwert entspricht. Dieser Sollwert kann z. B. fahrersituationsabhängig automatisch von dem Steuergerät (5) aus einer Anzahl vorgegebener Sollwerte bzw. Sollwertfunktionen gewählt werden. Es kann auch eine Sollwertvorgabe durch manuellen Eingriff z. B. durch den Fahrer vorgesehen sein. Sollte bei einem oder mehreren der Signale der Wegsensoren (68, 69, 70, 71) ein Wert ermittelt werden, der unterhalb des jeweiligen Sollwerts liegt, dann ist an dem entsprechend zugeordneten Luftfederbalg ein Heben des Fahrzeugaufbaus erwünscht, d. h. der entsprechende Luftfederbalg muß mit zusätzlicher Druckluft befüllt werden. Im folgenden sei angenommen, daß dies bei dem Luftfederbalg (64) erforderlich ist.

Das Steuergerät (5) steuert die Luftfederungsanlage dann in den Betriebsmodus "Erhöhen". Hierbei wird der Druckluftspeicher (9) durch Schalten des Speicherventils (8) in die geöffnete Stellung mit der Umschaltventileinrichtung (3) verbunden. Die Umschaltventileinrichtung (3) wird derart geschaltet, daß der Druckluftspeicher (9) mit der Ansaugseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) verbunden wird. Hierdurch wird zugleich die Auslaßseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) mit den Balgventilen (60, 61, 62, 63) verbunden. Das Steuergerät (5) schaltet des weiteren das Balgventil (60) in die geöffnete Stellung. Sofern in dem Druckluftspeicher (9) ein höheres Druckniveau vorliegt als in dem Luftfederbalg (64), strömt die Druckluft bereits bei stillstehender Druckluft-Förderungs-

einrichtung (1) direkt über das Rückschlagventil (52) sowie zusätzlich durch die Druckluft-Förderungseinrichtung (1) in den Luftfederbalg (64), d.h. mittels des Rückschlagventils (52) ist die Druckluft-Förderungseinrichtung (1) nach Art eines Bypasses überbrückbar.

Durch die direkte Verbindung über das Rückschlagventil (52) wird ein geringerer und damit günstigerer Strömungswiderstand erzielt. Hierbei überwacht das Steuergerät (5) anhand des ggf. von dem Drucksensor (7) abgegebenen Drucksignals und des von dem Wegsensor (68) abgegebenen Wegsignals die Befüllung des Luftfederbalgs (64). Sobald der gewünschte Sollwert der Niveaulage am Luftfederbalg (64) erreicht ist, schaltet das Steuergerät (5) das Speicherventil (8) und das Balgventil (60) in die Absperrstellung.

Zur Beschleunigung des Strömungsvorgangs bzw. wenn das Steuergerät (5) keine Veränderung an dem von dem Wegsensor (68) ermittelten Wert feststellt, schaltet das Steuergerät (5) zur Unterstützung der Luftförderung den Elektromotor (6) ein, wodurch die Druckluft-Förderungseinrichtung (1) in Betrieb gesetzt wird. Dies ist insbesondere erforderlich, wenn der Druck in dem Druckluftspeicher (9) geringer oder höchstens gleich dem Druck in dem zu befüllenden Luftfederbalg (64) ist, oder wenn die Befüllung des Luftfederbalgs beschleunigt werden soll. Durch Inbetriebsetzen der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) strömt die geförderte Luft über das Rückschlagventil (51), die Druckluft-Förderungseinrichtung (1), die Luftabgabe-/ -trocknereinrichtung (2) und das Rückschlagventil (50) in den Luftfederbalg (64).

Sofern z.B. bei Beginn des Betriebsmodus "Erhöhen" auf der Auslaßseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1), insbesondere in dem Volumen (15), ein geringerer Druck vorliegt als in dem zu befüllenden Luftfederbalg (64), wird ein unerwünschtes Absenken der Niveaulage an diesem Luftfederbalg (64) infolge eines Druckausgleichs zwischen dem Luftfederbalg (64) und dem Volumen (15) durch das Rückschlagventil (50) verhindert. In vorteilhafter Weise ist das Rückschlagventil (50) hierfür möglichst dicht an der Umschaltventileinrichtung (3) angeordnet, um Ausgleichsvorgänge über die Druckluftleitungen zu minimieren.

Sollte es beim Fördern der Luft aus dem Druckluftspeicher (9) durch die Druckluft-Förderungseinrichtung (1) vorkommen, daß die vorhandene Druckluftmenge in dem Druckluftspeicher (9) nicht für das Befüllen des beispielhaft genannten Luftfederbalgs (64) ausreicht, so würde der Luftdruck auf der Ansaugseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) unter den Atmosphärendruck fallen, wodurch das Rückschlagventil (40) der Luftansaugeinrichtung (4) automatisch öffnet. Hierdurch kann die Druckluft-Förderungseinrichtung (1) automatisch und ohne weitere Eingriffe durch das Steuergerät (5) die notwendige Luft aus der Atmosphäre ansaugen und so für die erforderliche Luftmenge in dem Luftfederbalg (64) sorgen.

Zeigt im umgekehrten Fall der Wegsensor (68) an, daß die Niveaulage oberhalb des Sollwerts liegt, so wäre der Luftfederbalg (64) zu entlüften. Das Steuergerät

(5) steuert die Luftfederungsanlage dann in den Betriebsmodus "Absenken". Hierbei werden das Speicherventil (8) und das Balgventil (60) in die geöffnete Stellung geschaltet. Außerdem wird die Umschaltventileinrichtung (3) derart geschaltet, daß der Luftfederbalg (64) mit der Ansaugseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) und der Druckluftspeicher (9) mit der Auslaßseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) verbunden ist. Falls der Luftdruck in dem Luftfederbalg (64) höher als der Luftdruck in dem Druckluftspeicher (9) ist, so strömt die Druckluft direkt über das Rückschlagventil (52) sowie zusätzlich über die Druckluft-Förderungseinrichtung (1) von dem Luftfederbalg (64) in den Druckluftspeicher (9). Die Druckluft-Förderungseinrichtung (1) muß dann nicht betätigt werden. Analog zu dem Betriebsmodus "Erhöhen" überwacht das Steuergerät (5) das Entlüften des Luftfederbalgs (64) über die Sensoren (7, 68). Wenn die gewünschte Niveaulage gemäß dem Sollwert beim Luftfederbalg (64) erreicht ist, beendet das Steuergerät (5) den Betriebsmodus "Absenken", indem das Speicherventil (8) und das Balgventil (60) in die Absperrstellung geschaltet werden.

Zur Beschleunigung des Strömungsvorgangs bzw. wenn das Steuergerät (5) keine Veränderung an dem von dem Wegsensor (68) ermittelten Wert feststellt, schaltet das Steuergerät (5) zur Unterstützung der Luftförderung den Elektromotor (6) ein, wodurch die Druckluft-Förderungseinrichtung (1) in Betrieb gesetzt wird. Dies ist insbesondere erforderlich, wenn der Druck in dem zu entleerenden Luftfederbalg (64) geringer oder höchstens gleich dem Druck in dem Druckluftspeicher (9) ist, oder

wenn die Entleerung des Luftfederbalgs beschleunigt werden soll. Ein Ansaugen von Luft aus der Atmosphäre über die Luftansaugeinrichtung (4) kommt in diesem Betriebsmodus nicht in Betracht. Die Druckluft-Förderungseinrichtung (1) saugt daher Luft aus dem Luftfederbalg (64) über das Balgventil (60), die Umschaltventileinrichtung (3) und das Rückschlagventil (51) an und fördert diese über die Luftabgabe-/trocknereinrichtung (2), das Rückschlagventil (50), die Umschaltventileinrichtung (3) sowie das Speicherventil (8) in den Druckluftspeicher (9).

Sollte in dem Druckluftspeicher (9) bereits ein ausreichender oder sogar über einem gewünschten Grenzwert liegender Druckwert vorliegen, so spricht das zur Überdrucksicherung dienende Ventil (20) selbstständig an und schaltet in seine dritte Schaltstellung, so daß die von der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) geförderte Druckluft in die Atmosphäre entlüftet wird. Unabhängig von dieser automatischen Überdrucksicherung über das Ventil (20) kann auch das Steuergerät (5) bei Erreichen eines vorgegebenen, in dem Steuergerät (5) gespeicherten Druckwertes in dem Druckluftspeicher (9), welcher anhand des Signals des Drucksensors (7) überprüft wird, ein weiteres Fördern von Druckluft in den Druckluftspeicher (9) unterbinden, indem das Steuergerät (5) das Speicherventil (8) in die Absperrstellung schaltet. Die fortan von der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) geförderte Druckluft wird dann infolge eines schnell ansteigenden Drucks an der gegenüber dem Druckluftspeicher (9) abgesperrten Auslaßseite der Druckluft-Förde-

rungseinrichtung (1) über das Ventil (20) in die Atmosphäre entlüftet.

Sofern z.B. bei Beginn des Betriebsmodus "Absenken" auf der Ansaugseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1), insbesondere in dem Volumen (10), ein höherer Druck vorliegt als in dem zu entlüftenden Luftfederbalg (64), wird ein unerwünschtes Anheben der Niveaulage an diesem Luftfederbalg (64) infolge eines Druckausgleichs zwischen dem Luftfederbalg (64) und dem Volumen (10) durch das Rückschlagventil (51) verhindert. In vorteilhafter Weise ist das Rückschlagventil (51) hierfür möglichst dicht an der Umschaltventileinrichtung (3) angeordnet, um Ausgleichsvorgänge über die Druckluftleitungen zu minimieren.

Eine typische Größe für das Volumen (10) bei Luftfederungsanlagen für Personenkraftwagen liegt bei etwa 0,5 Liter, für das Volumen (15) bei etwa 0,4 Liter. Durch die Verwendung der Rückschlagventile (50, 51) kann auf eine konstruktiv aufwendige Volumenminimierung bei der Druckluft-Förderungseinrichtung (1), dem häufig baulich in die Druckluft-Förderungseinrichtung (1) integrierten Elektromotor (6) und der Luftabgabe-/trocknereinrichtung (2) verzichtet werden. Statt dessen kann eine gezielte Optimierung der Konstruktion im Hinblick auf die Kosten durchgeführt werden.

Der Betriebsmodus "Regeneration" dient zur Regeneration, d. h. zur Entfeuchtung, des in dem Lufttrockner (21) vorgesehenen Trockner-Granulates. Hierfür schaltet das Steuergerät (5) das Speicherventil (8) und die

Balgventile (60, 61, 62, 63) in die Absperrstellung und setzt durch Einschalten des Elektromotors (6) die Druckluft-Förderungseinrichtung (1) in Betrieb. Die Druckluft-Förderungseinrichtung (1) saugt dann über die Luftansaugeinrichtung (4) Luft aus der Atmosphäre an und gibt diese Luft verdichtet auf der Auslaßseite ab, wobei die Druckluft gegenüber der Umgebungstemperatur erwärmt wird. Sobald hierbei der auf der Auslaßseite ansteigende Luftdruck vorbestimmte Werte erreicht, schaltet das Ventil (20) von der ersten Schaltstellung zunächst in die zweite Schaltstellung und schließlich in die dritte Schaltstellung. In der dritten Schaltstellung strömt die Druckluft von der Druckluftleitung (22) durch das Ventil (20) gedrosselt in die Druckluftleitung (24) ein, d. h. die Druckluft entspannt sich auf ein geringeres Druckniveau als das in der Druckluftleitung (22) vorhandene Druckniveau. Die Luftabgabe-/trocknereinrichtung (2) ist vorzugsweise räumlich relativ dicht an der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) angeordnet, so daß die erwärmte Druckluft ohne wesentliche Temperaturverringerung in dem Lufttrockner (21) ankommt. Die auf diese Weise entspannte und zudem erwärmte Luft weist ein relativ hohes Feuchtigkeitsaufnahmepotential auf, so daß die aus dem Lufttrockner (21) in die Druckluftleitung (25) einströmende Druckluft einen relativ hohen Feuchtigkeitsgehalt aufweist. Diese Luft wird sodann durch das Ventil (20) in die Umgebung entlüftet. Hierdurch wird eine sehr effiziente und schnelle Trocknung des Trockner-Granulates erreicht.

Die Regeneration des Trockner-Granulates wird im übrigen auch immer dann ausgeführt, wenn der bereits erläuterte Betriebsmodus "Überdruckkompensation" ausgeführt wird, d. h. bei Abbau von z. B. in dem Druckluftspeicher (9) gespeicherter überschüssiger Druckluft über das Ventil (20). In diesem Fall ist ein Ansaugen von Luft aus der Atmosphäre nicht erforderlich.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung, die insbesondere bei einer Luftfederungsanlage ohne den Drucksensor (7) anzuwenden ist, wird der Betriebsmodus "Regeneration" von dem Steuergerät (5) immer im Anschluß an einen der anderen Betriebsmodi automatisch ausgeführt, wenn hierbei die Druckluft-Förderungseinrichtung (1) in Betrieb gesetzt wurde. In diesem Fall führt das Steuergerät (5) den Betriebsmodus "Regeneration" im Sinne eines Nachlaufs aus, d. h. bei Beendigung eines vorangegangenen Betriebsmodus, z. B. "Erhöhen", werden das Speicherventil (8) und die Balgventile (60, 61, 62, 63) in die Absperrstellung geschaltet, der Elektromotor (6) jedoch nicht sofort abgeschaltet, sondern für eine Nachlaufzeit eingeschaltet gelassen.

Hierdurch läuft die Druckluft-Förderungseinrichtung (1) weiter und baut auf der Auslaßseite einen Überdruck auf. Die unter dem Überdruck stehende Luft entweicht dann über das Ventil (20) und den Lufttrockner (21), so daß die beschriebene Regeneration des Trockner-Granulates durchgeführt wird. Nach Ablauf der vorgegebenen Nachlaufzeit, z. B. 5 Sekunden, schaltet das Steuergerät (5) den Elektromotor (6) ab, wodurch die Luftfederungsanlage von dem Betriebsmodus "Regeneration" in den Betriebsmodus "Normalzustand" übergeht. Hierdurch wird

sichergestellt, daß das Trockner-Granulat jederzeit eine ausreichende Aufnahmefähigkeit für die Feuchtigkeit besitzt.

Wie erläutert, wird der Lufttrockner (21) in sämtlichen Betriebsmodi der Luftfederungsanlage immer in derselben Strömungsrichtung von der Druckluft durchflossen. Hierdurch ist es möglich, das Rückschlagventil (50) in der Druckluftleitung zwischen der Luftabgabe-/trocknereinrichtung (2) und der Umschaltventileinrichtung (3) anzutragen, derart, daß das Rückschlagventil (50) relativ dicht an der Umschaltventileinrichtung (3) angeordnet ist, d. h. stromabwärts der Luftabgabe-/trocknereinrichtung (2). Dies hat den Vorteil, daß im Betriebsmodus "Erhöhen" ein unerwünschtes Absenken der Niveaulage infolge eines Druckausgleichs zwischen dem Volumen (15) und den Luftfederbälgen besonders wirksam vermieden werden kann. Würde anderenfalls ein Lufttrocknungskonzept eingesetzt werden, bei dem der Lufttrockner (21) im Regenerationsbetrieb in entgegengesetzter Strömungsrichtung von der Druckluft durchflossen wird als beim Fördern von Druckluft durch die Druckluft-Förderungseinrichtung (1), wie aus dem eingangs genannten Stand der Technik bekannt, dann müßte das Rückschlagventil (50) in der Luftfederungsanlage gemäß Fig. 1 zwischen der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) und der Luftabgabe-/trocknereinrichtung (2) angeordnet werden. In diesem Fall könnte das Rückschlagventil (50) aber nicht Druckausgleichsvorgänge zwischen den in der Luftabgabe-/trocknereinrichtung (2) vorhandenen Volumina und den Luftfederbälgen verhindern. Die Folge wäre, daß im Be-

triebsmodus "Erhöhen" ein unerwünschtes Absenken der Niveaulage infolge des Druckausgleichs auftreten kann.

Ein weiterer Vorteil, der sich aus der immer in derselben Strömungsrichtung von der Druckluft durchflossenen Luftabgabe-/trocknereinrichtung (2) und dem infolgedessen in der Druckluftleitung zwischen der Luftabgabe-/trocknereinrichtung (2) und der Umschaltventileinrichtung (3) angeordneten Rückschlagventil (50) ergibt, ist, daß beim Abbau eines Überdrucks im Betriebsmodus "Überdruckkompensation" die Luft nicht ohne Durchströmen des Lufttrockners (21) in die Atmosphäre entweichen kann, da das Rückschlagventil (50) dies verhindert. Hierdurch kommt sämtliche in die Atmosphäre entlüftete Druckluft der Regeneration des Trockner-Granulates zugute.

Zusätzlich kann in dem Steuergerät (5), z.B. als Programmteil in einem in dem Steuergerät (5) ausgeführten Steuerprogramm, vorgesehen sein, die Luftfederungsanlage in den Betriebsmodus "Regeneration" zu schalten, wenn eine hohe Feuchtigkeitsdichte in dem Luftfederungssystem vorliegt. Hierfür kann ein zusätzlicher Feuchtesensor zur Ermittlung der Luftfeuchte in dem Luftfederungssystem vorgesehen sein, der ein die Luftfeuchte repräsentierendes Signal an das Steuergerät (5) abgibt.

Schließlich kann die Luftfederungsanlage noch in dem Betriebsmodus "Anlaufhilfe" betrieben werden. Dieser Betriebsmodus wird immer dann benötigt, wenn die von dem Elektromotor (6) aufbringbare Antriebsleistung

nicht zu einem Anlaufen des Kompressors (12) führt. Dies kann beispielsweise bei einem relativ hohen Gegendruck auf der Auslaßseite, d. h. in dem Auslaßraum (150) des Kompressors (12), der Fall sein, insbesondere wenn der Kolben (17) sich in einer Lage etwa in der Mitte zwischen den beiden Totpunkten befindet.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung, welche insbesondere bei einer Luftfederungsanlage ohne den Drucksensor (7) anzuwenden ist, wird vor dem Starten des Elektromotors (6) zunächst einmal das Speicherventil (8) geöffnet und die Umschaltventileinrichtung (3) für kurze Zeit umgeschaltet, d. h. in jeder der beiden Schaltstellungen betrieben. Hierdurch wird eine Druckgleichheit zwischen der Ansaugseite und der Auslaßseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) hergestellt. Sodann wird der Elektromotor (6) gestartet.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung erkennt das Steuergerät (5) einen Anlaufhilfe-Bedarf durch periodische Überwachung der mittels des Drucksensors (7) ermittelten Druckwerte, oder durch Auswertung der gespeicherten Druckwerte des Druckluftspeichers (9) und der Luftfederbälge oder durch Überwachung des von dem Elektromotor (6) aufgenommenen Stroms. Das Steuergerät (5) verbindet bei erkanntem Anlaufhilfe-Bedarf durch geeignete Steuerung der Umschaltventileinrichtung (3) und der Absperrventile (8, 60, 61, 62, 63) entweder den Druckluftspeicher (9) oder einen Luftfederbalg mit relativ hohem Luftdruck mit der Ansaugseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1). Hierdurch wird der Kolben (17) des Kompressors (12) von seiner Unterseite her

mit Druck beaufschlagt, so daß die für ein Anlaufen des Kompressors (12) erforderliche, von dem Elektromotor (6) einzuspeisende Antriebsleistung verringert wird. Sobald der Kompressor (12) angelaufen ist, kann wieder in den eigentlich gewünschten Betriebsmodus der Luftfederungsanlage umgeschaltet werden.

Mit den zuvor erläuterten vorteilhaften Ausgestaltungen der Luftfederungsanlage gemäß den Fig. 1 bis 17 sind die nachfolgend noch einmal zusammengefaßten Ausführungsarten der Anpassung der wirksamen Förderleistung der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) realisierbar:

- I. Geschwindigkeits- bzw. Drehzahlsteuerung der Druckluft-Förderungseinrichtung (1), z.B. durch Einstellung einer bestimmten Betriebsspannung des Elektromotors (6) durch das Steuergerät (5). Hierdurch erfolgt eine mittelbare Anpassung der wirksamen Förderleistung durch Anpassung der gesamten Förderleistung der Druckluft-Förderungseinrichtung (1).
- II. Entlüften von Druckluft über den Entlüftungsanschluß (215) in die Atmosphäre, insbesondere mittels des Entlüftungsventils (219) (Fig. 6 bis 9). Hierdurch erfolgt eine unmittelbare Anpassung der wirksamen Förderleistung ohne Anpassung der gesamten Förderleistung der Druckluft-Förderungseinrichtung (1).
- III. Ansaugen von Luft aus der Atmosphäre über die Luftansaugeinrichtung (4), insbesondere mittels

des Ansaugventils (43) (Fig. 1, 17). Hierdurch erfolgt eine mittelbare Anpassung der wirksamen Förderleistung durch Anpassung der gesamten Förderleistung der Druckluft-Förderungseinrichtung (1).

IV. Bypassventil (73, 74) (Fig. 15, 16). Hierdurch erfolgt eine unmittelbare Anpassung der wirksamen Förderleistung ohne Anpassung der gesamten Förderleistung der Druckluft-Förderungseinrichtung (1).

Gemäß Ausführungsart I. kann in dem Steuergerät (5) eine stufenlose oder feinstufige Einstellung der Betriebsspannung des Elektromotors (6) vorgesehen sein. In der Praxis wird es zur Erzielung günstiger Herstellkosten häufig erwünscht sein, hierbei nur wenige Stufen, z. B. nur zwei Stufen, als Einstellungsmöglichkeiten vorzusehen. Denkbar sind zum Beispiel die Einstellungsmöglichkeiten "normale Betriebsgeschwindigkeit" und "verringerte Betriebsgeschwindigkeit". In diesem Fall kann die Stufe "verringerte Betriebsgeschwindigkeit" auch durch einen zeitlich intermittierenden Betrieb des Elektromotors (6) bzw. der Druckluft-Förderungseinrichtung (1), d.h. durch regelmäßiges Ein- und Ausschalten, realisiert werden.

Bei Verwendung des Überströmventils (74) als Bypassventil ergibt sich eine automatische Steuerung der wirksamen Förderleistung, da das Überströmventil (74) druckgesteuert arbeitet.

In allen übrigen zuvor erwähnten Ausführungsarten, bzw. auch bezüglich der Einstellungen "normale Betriebsge-

schwindigkeit" und "verringerte Betriebsgeschwindigkeit" gemäß Ausführungsart I., sind zwei diskrete Betriebsmodi bezüglich der wirksamen Förderleistung der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) einstellbar. Diese Betriebsmodi seien nachfolgend als "normale Förderleistung" und "verringerte Förderleistung" bezeichnet. In dem Betriebsmodus "verringerte Förderleistung" sei die wirksame Förderleistung nennenswert geringer als in dem Betriebsmodus "normale Förderleistung".

Bei der Ausführungsart I. liegt der Betriebsmodus "verringerte Förderleistung" vor, wenn der Elektromotor (6) in der Betriebsart "verringerte Betriebsgeschwindigkeit" betrieben wird.

Bei der Ausführungsart II. liegt der Betriebsmodus "verringerte Förderleistung" vor, wenn das Entlüftungsventil (219) von dem Steuergerät (5) mit einem elektrischen Signal betätigt wird und infolgedessen eine Entlüftung von Druckluft über den Entlüftungsanschluß (215) in die Atmosphäre erfolgt.

Bei der Ausführungsart III. liegt bei Verwendung der Luftfederungsanlage gemäß Fig. 1 der Betriebsmodus "verringerte Förderleistung" vor, wenn das Speicherventil (8) von dem Steuergerät (5) in die geschlossene Stellung geschaltet wird. In diesem Fall erfolgt, wie bereits oben näher erläutert, infolge eines entstehenden Unterdrucks an dem Ansauganschluß (105) ein Ansaugen von Luft aus der Atmosphäre über den Luftansauganschluß (42), den Filter (41) sowie das dann geöffnete Rückschlagventil (40). Bei Verwendung einer Luftansaug-

einrichtung (4) gemäß Fig. 17 wird der Betriebsmodus "verringerte Förderleistung" eingestellt, indem das Ansaugventil (43) durch ein elektrisches Signal von dem Steuergerät (5) über die elektrische Leitung (44) in die geöffnete Stellung geschaltet wird und infolgedessen ebenfalls ein Ansaugen von Luft aus der Atmosphäre erfolgt. Bei der Ausführungsart III. verringert sich die Förderleistung im Betriebsmodus "verringerte Förderleistung" dadurch, daß keine auf einem relativ hohen Druckniveau befindliche Druckluft aus dem Druckluftspeicher (9) von der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) angesaugt wird, sondern die auf Atmosphären-Niveau befindliche Umgebungsluft. Hierdurch werden bei Bedarf zeitweise die eingangs erwähnten Vorteile des teilgeschlossenen Prinzips der Luftfederungsanlage aufgehoben.

Bei der Ausführungsart IV. liegt bei Verwendung der Luftfederungsanlage gemäß Fig. 16 der Betriebsmodus "verringerte Förderleistung" vor, wenn das Bypassventil (73) durch ein elektrisches Signal von dem Steuergerät (5) in die geöffnete Stellung geschaltet wird.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung für eine Anwendung in einer Luftfederungsanlage mit vier Luftfederbälgen, z. B. wie in Fig. 1 dargestellt, wird folgendes Verfahren zur Einstellung der Betriebsmodi "normale Förderleistung" und "verringerte Förderleistung" angewandt. Beim Fördern von Druckluft in drei oder vier Luftfederbälgen wird der Betriebsmodus "normale Förderleistung" verwendet, ansonsten wird der Betriebsmodus "verringerte Förderleistung" verwendet. Zu-

sätzlich oder alternativ kann vorgesehen sein, daß von dem Betriebsmodus "normale Förderleistung" in den Betriebsmodus "verringerte Förderleistung" umgeschaltet wird, wenn bestimmte durch Sensoren erfaßbare Kriterien erfüllt sind. In bevorzugten Ausgestaltungen der Erfindung sind solche Kriterien

- ein Überschreiten eines vorgegebenen Druckwerts des den Drucks auf der Auslaßseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1),
- bei Verwendung einer Druckluft-Förderungseinrichtung (1), die durch eine Drehbewegung angetrieben wird, ein Unterschreiten eines vorgegebenen Drehzahlwertes der Antriebsdrehzahl der Druckluft-Förderungseinrichtung (1),
- bei Verwendung einer Druckluft-Förderungseinrichtung (1), die durch einen Elektromotor (6) angetrieben wird, das Überschreiten eines vorgegebenen Stromwerts der Stromaufnahme des Elektromotors (6).

Hierfür sind gegebenenfalls ein Drucksensor (7), ein Drehzahlsensor und/oder ein Stromsensor vorzusehen. Je nach vorhandener Sensorausstattung der Luftfederungsanlage kann eines, mehrere oder alle der zuvor genannten Kriterien für eine Umschaltung in den Betriebsmodus "verringerte Förderleistung" Berücksichtigung finden.

Die zuvor erläuterten Verfahrensweisen werden bevorzugt als Schritte eines in dem Steuergerät (5) auszuführenden Steuerprogramms praktisch realisiert.

Patenansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Luftfederungsanlage für ein Fahrzeug, insbesondere als teilgeschlossenes System ausgebildete Luftfederungsanlage, mit wenigstens einer Druckluft-Förderungseinrichtung (1), einer Mehrzahl von Luftfederbälgen (64, 65, 66, 67) sowie einer Ventilanordnung (60, 61, 62, 63) zur Steuerung der Befüllung von wahlweise einem, mehreren oder allen Luftfederbälgen (64, 65, 66, 67) mit von der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) abgegebener Druckluft, dadurch gekennzeichnet, daß die wirksame Förderleistung der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) in Abhängigkeit von der mittels der Ventilanordnung (60, 61, 62, 63) gewählten Art der Befüllung der Luftfederbälge (64, 65, 66, 67) automatisch gesteuert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Anpassung der wirksamen Förderleistung durch eine Geschwindigkeits- bzw. Drehzahlsteuerung der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) durchgeführt wird.
3. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Luftfederungsanlage wenigstens einen Entlüftungsanschluß (215) aufweist, der zum Entlüften von Druckluft in die Atmosphäre dient, und daß die Anpassung der wirksamen Förderleistung durch Entlüften von Druck-

luft über den Entlüftungsanschluß (215) in die Atmosphäre erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß zum Entlüften von Druckluft in die Atmosphäre ein durch ein elektrisches Signal ansteuerbares Entlüftungsventil (219) vorgesehen ist.
5. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Luftförderungsanlage wenigstens eine Luftansaugeinrichtung (4) aufweist, die zum Ansaugen von Luft aus der Atmosphäre dient, und daß die Anpassung der wirksamen Förderleistung durch Ansaugen von Luft aus der Atmosphäre über die Luftansaugeinrichtung (4) erfolgt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß zum Ansaugen von Luft aus der Atmosphäre ein durch ein elektrisches Signal steuerbares Ansaugventil (43) vorgesehen ist.
7. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Anpassung der wirksamen Förderleistung zwischen der Ansaugseite und der Auslaßseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) ein Bypassventil (73, 74) angeordnet ist, durch welches ein Bypass-Druckluftstrom unter Umgehung der Ventilanordnung (60, 61, 62, 63) oder Teilen davon von der Auslaßseite zu der Ansaugseite der Druckluft-Förderungseinrichtung strömen kann.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß als Bypassventil (73, 74) ein durch ein elektrisches Steuersignal betätigbares Magnetventil (73) verwendet wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß als Bypassventil (73, 74) ein Überströmventil (74) oder ein Druckbegrenzungsventil verwendet wird.
10. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei der automatischen Steuerung der wirksamen Förderleistung ein Betriebsmodus "normale Förderleistung" und ein Betriebsmodus "verringerte Förderleistung", in welchem die wirksame Förderleistung geringer ist als in dem Betriebsmodus "normale Förderleistung", einstellbar ist.
11. Verfahren nach Anspruch 10, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:
  - a) die Luftfederungsanlage weist vier Luftfederbälge (64, 65, 66, 67) auf,
  - b) beim Fördern von Druckluft durch die Druckluft-Förderungseinrichtung (1) in drei oder vier Luftfederbälge (64, 65, 66, 67) wird der Betriebsmodus "normale Förderleistung" verwendet,

- c) ansonsten wird beim Fördern von Druckluft durch die Druckluft-Förderungseinrichtung (1) der Betriebsmodus "verringerte Förderleistung" verwendet.

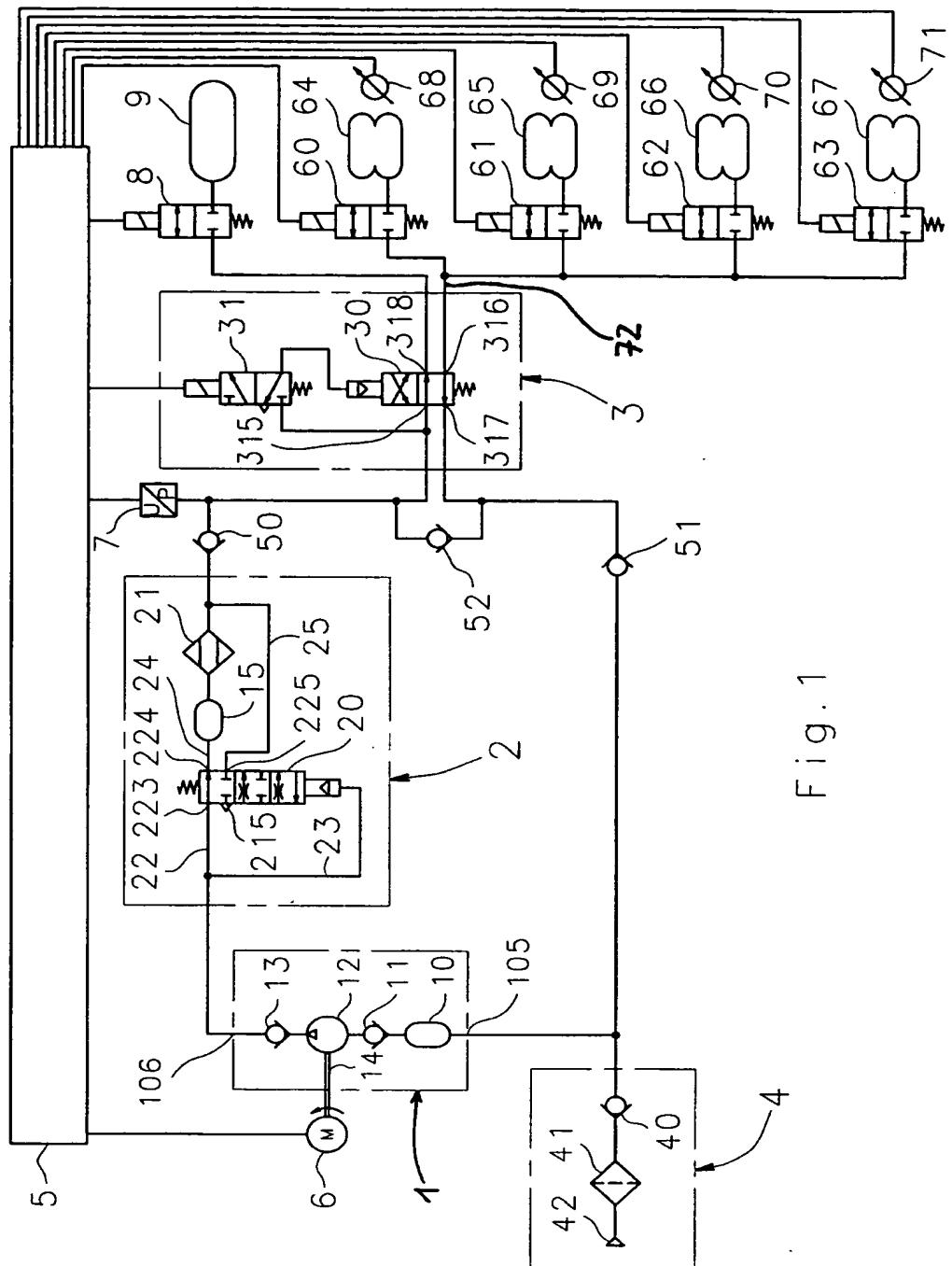
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Betriebsmodus "verringerte Förderleistung" verwendet wird, wenn der Druck auf der Auslaßseite der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) einen vorgegebenen Druckwert überschreitet.

13. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckluft-Förderungseinrichtung (1) durch eine Drehbewegung angetrieben wird, und daß der Betriebsmodus "verringerte Förderleistung" verwendet wird, wenn die Antriebsdrehzahl der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) einen vorgegebenen Drehzahlwert unterschreitet.

14. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckluft-Förderungseinrichtung (1) durch einen Elektromotor (6) angetrieben wird, und daß der Betriebsmodus "verringerte Förderleistung" verwendet wird, wenn die Stromaufnahme des Elektromotors (6) einen vorgegebenen Stromwert überschreitet.

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Luftfederungsanlage für ein Fahrzeug, insbesondere als teilgeschlossenes System ausgebildete Luftfederungsanlage, mit wenigstens einer Druckluft-Förderungseinrichtung (1), einer Mehrzahl von Luftfederbälgen (64, 65, 66, 67) sowie einer Ventilanordnung (60, 61, 62, 63) zur Steuerung der Befüllung von wahlweise einem, mehreren oder allen Luftfederbälgen (64, 65, 66, 67) mit von der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) abgegebener Druckluft. Hiervon ausgehend ist ein Verfahren zum Betrieb einer Luftfederungsanlage für ein Fahrzeug anzugeben, bei dem mit möglichst einfachen Mitteln und möglichst wenig zusätzlichem Aufwand ein unerwünschter starker Druckanstieg auf der Druckauslaßseite der Druckluft-Förderungseinrichtung vermieden werden kann. Dies wird dadurch erreicht, daß die wirksame Förderleistung der Druckluft-Förderungseinrichtung (1) in Abhängigkeit von der mittels der Ventilanordnung (60, 61, 62, 63) gewählten Art der Befüllung der Luftfederbälge (64, 65, 66, 67) automatisch gesteuert wird.



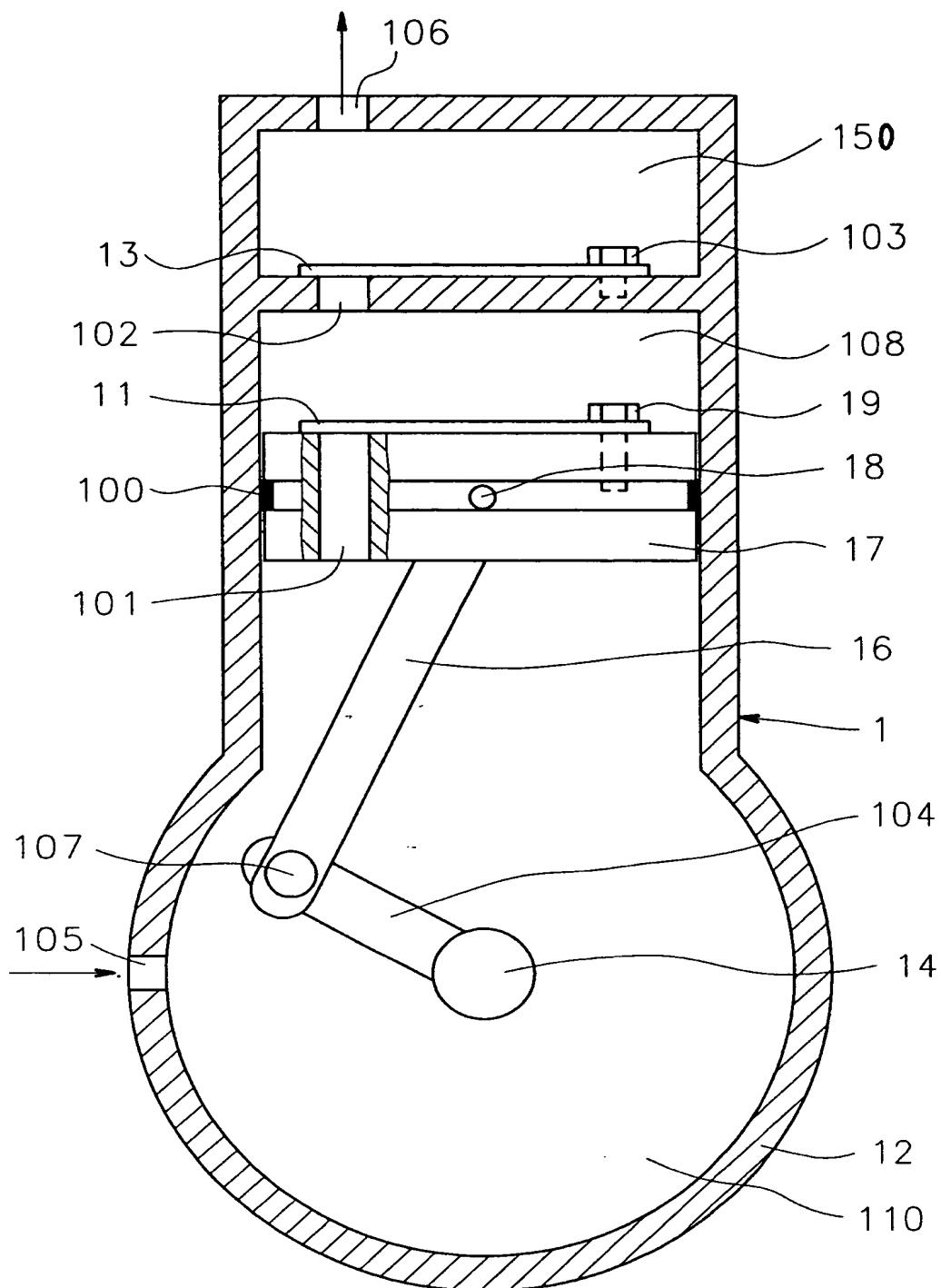


Fig. 2

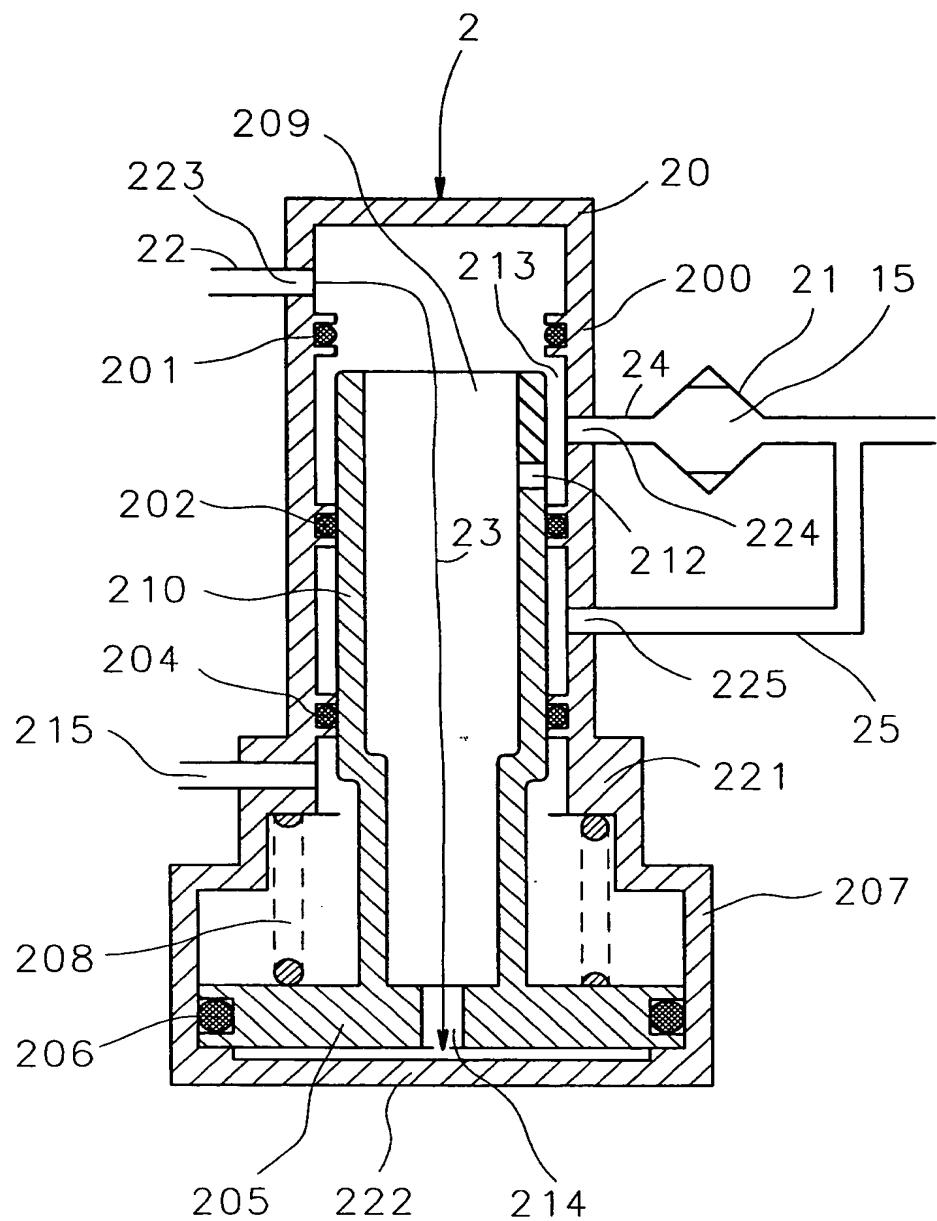


Fig. 3

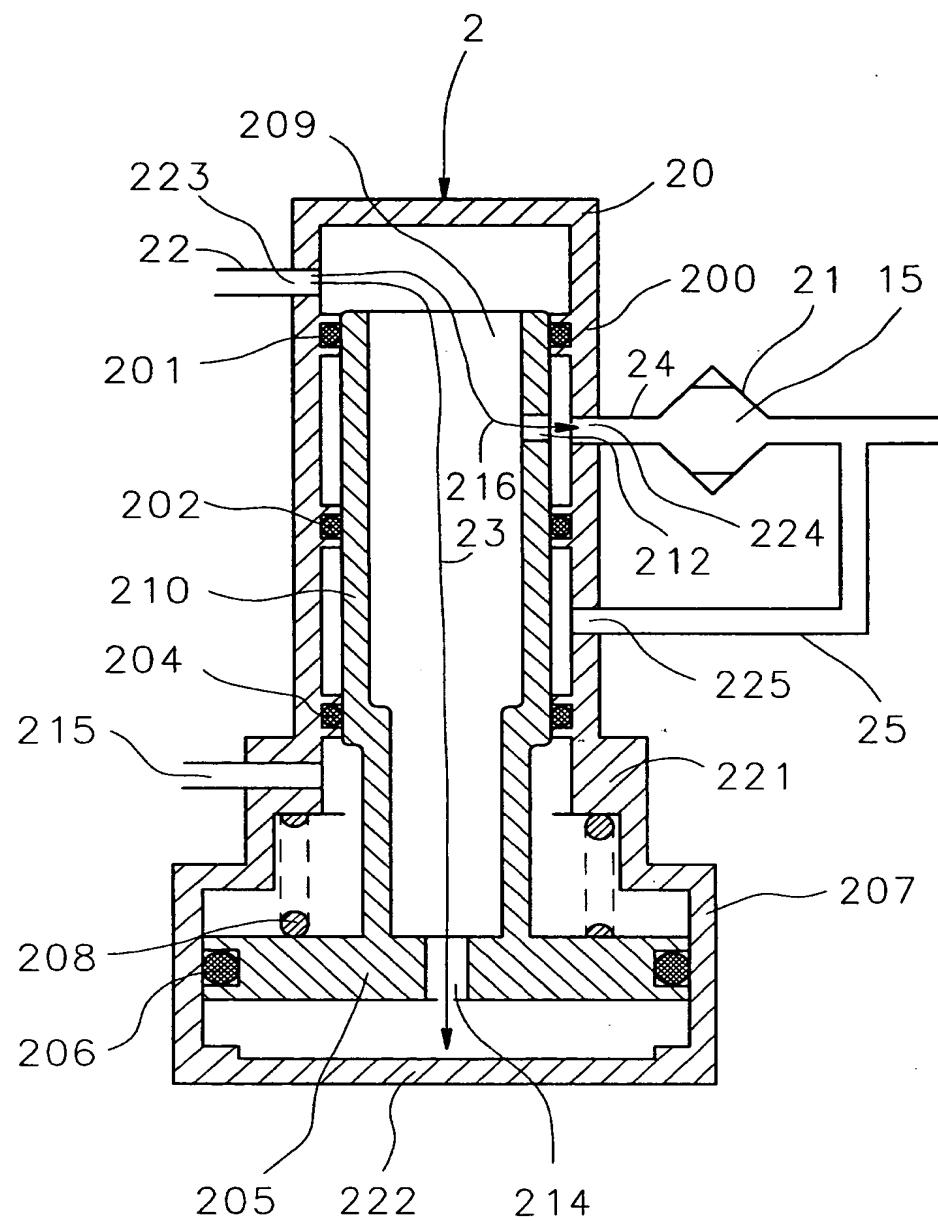


Fig. 4

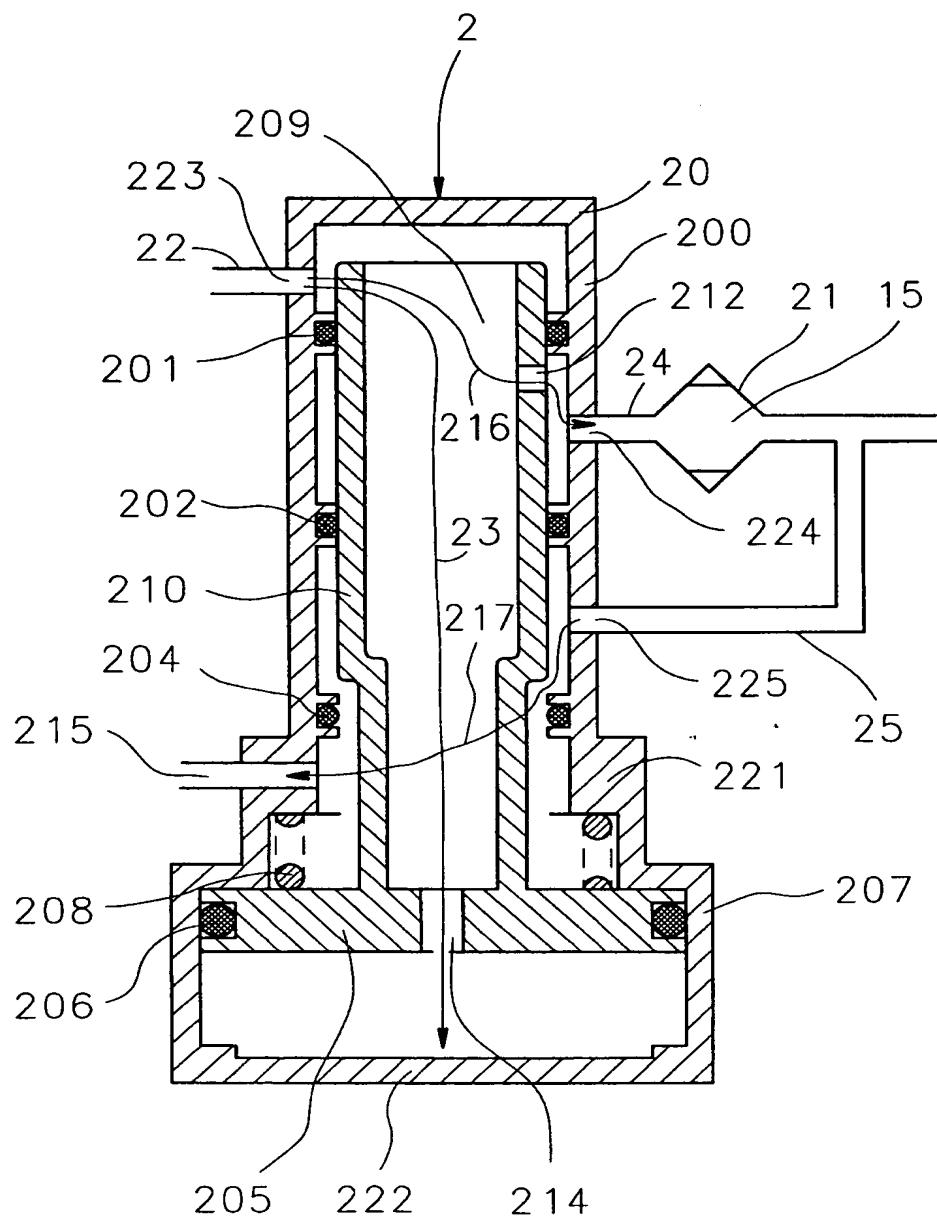


Fig. 5

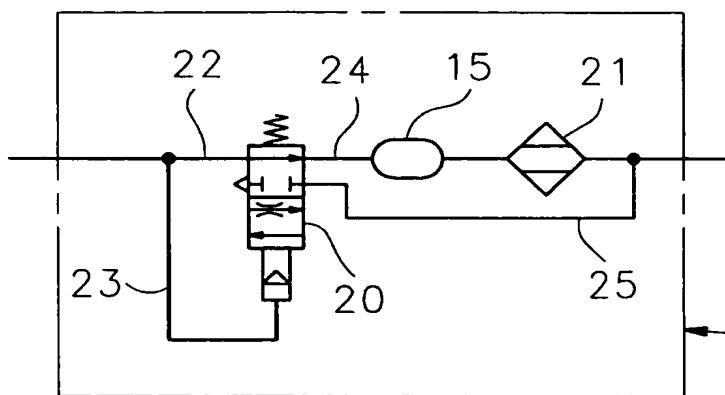


Fig. 6

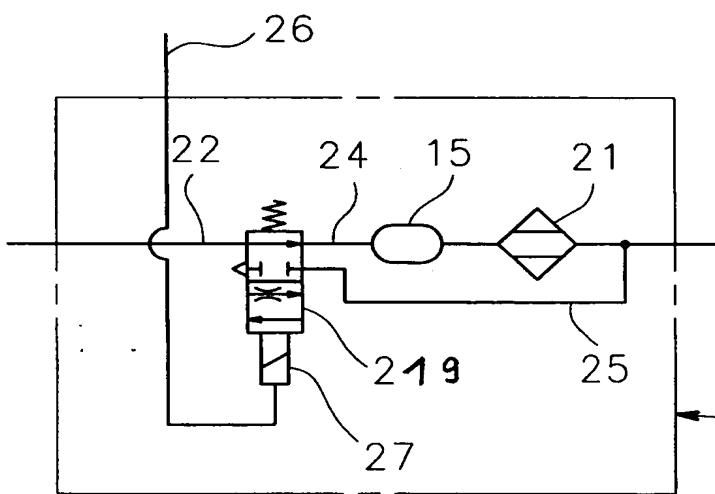


Fig. 7

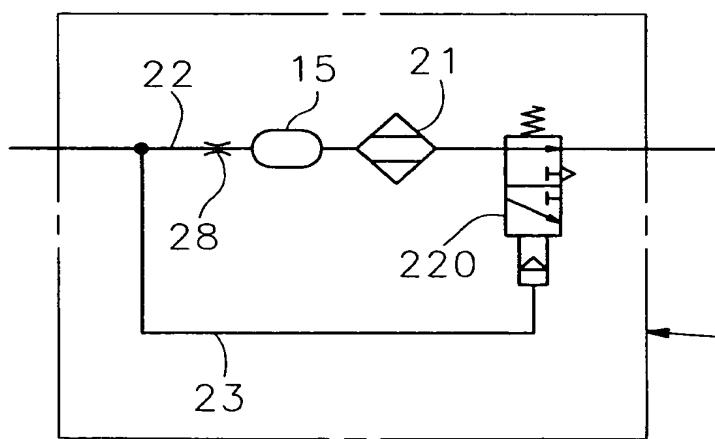


Fig. 8

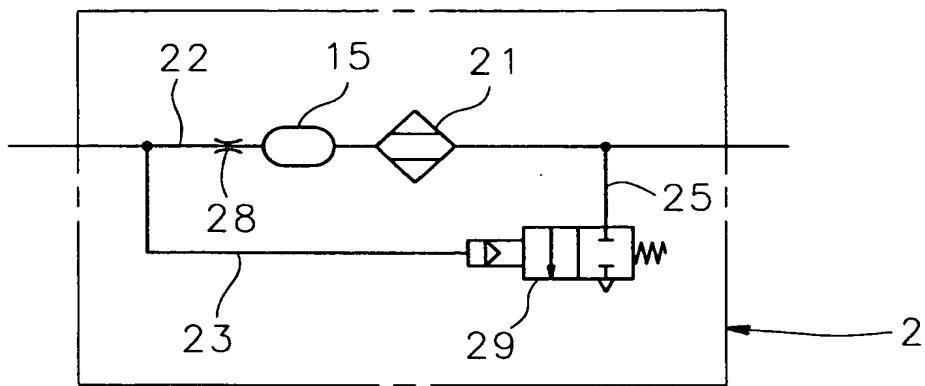


Fig. 9

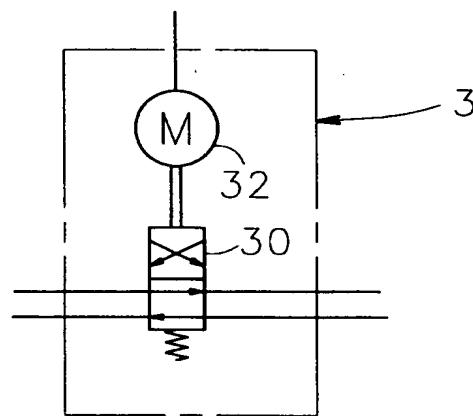


Fig. 10

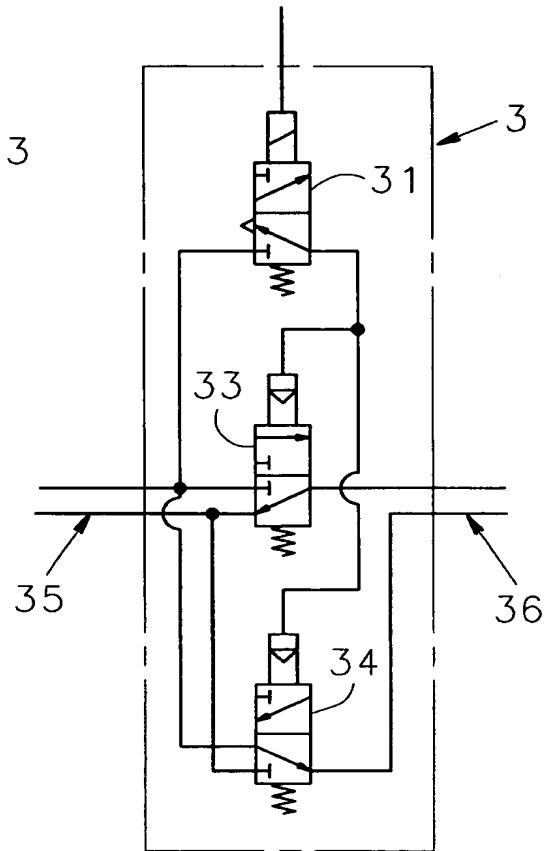


Fig. 11

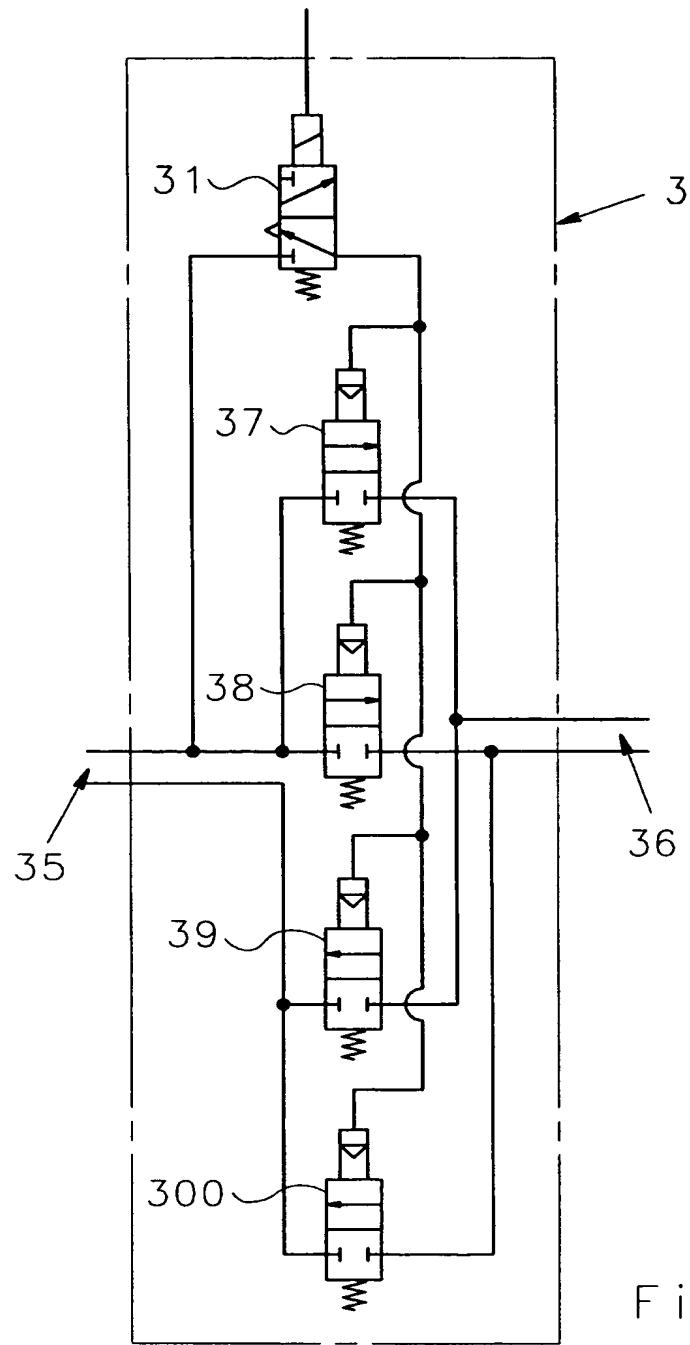


Fig. 12

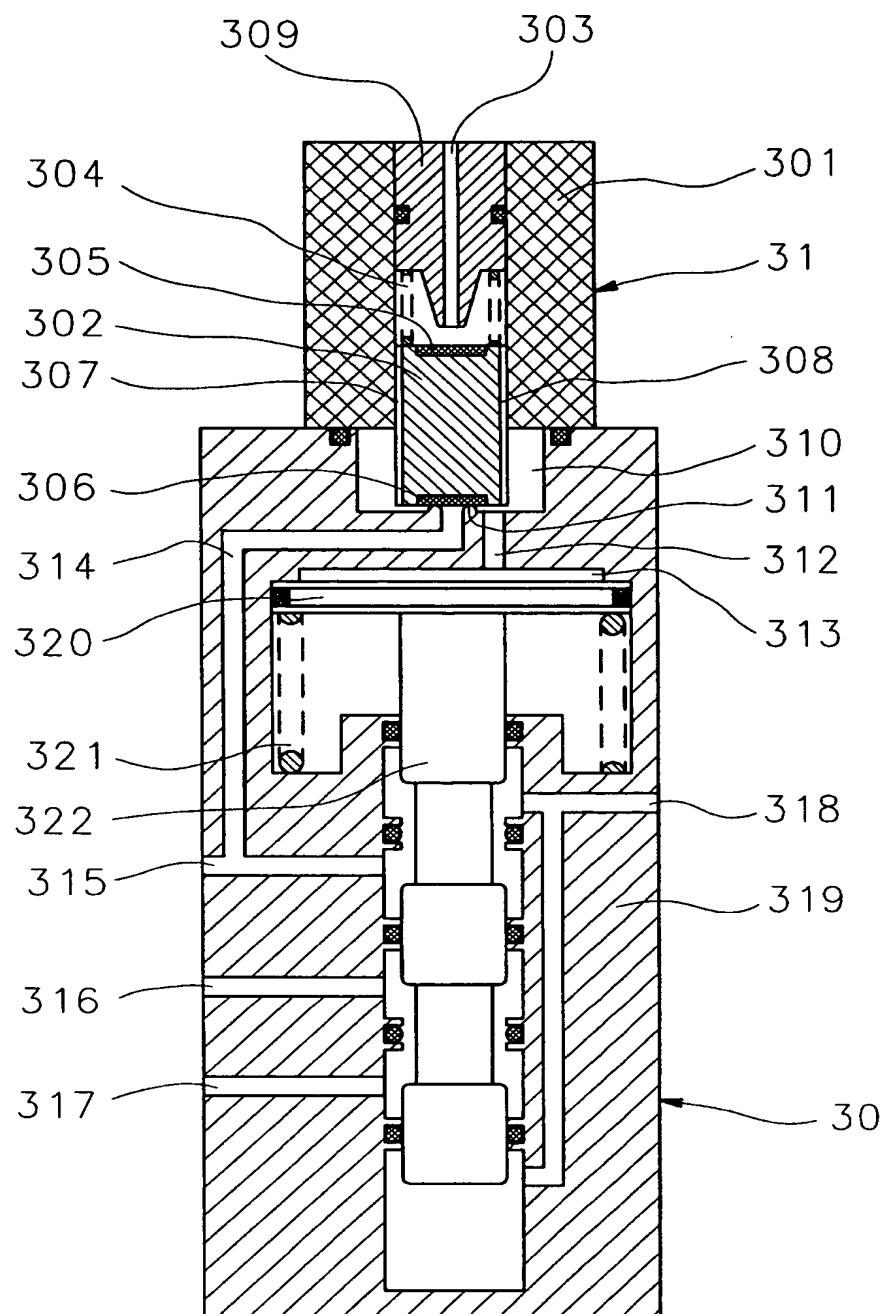


Fig. 13

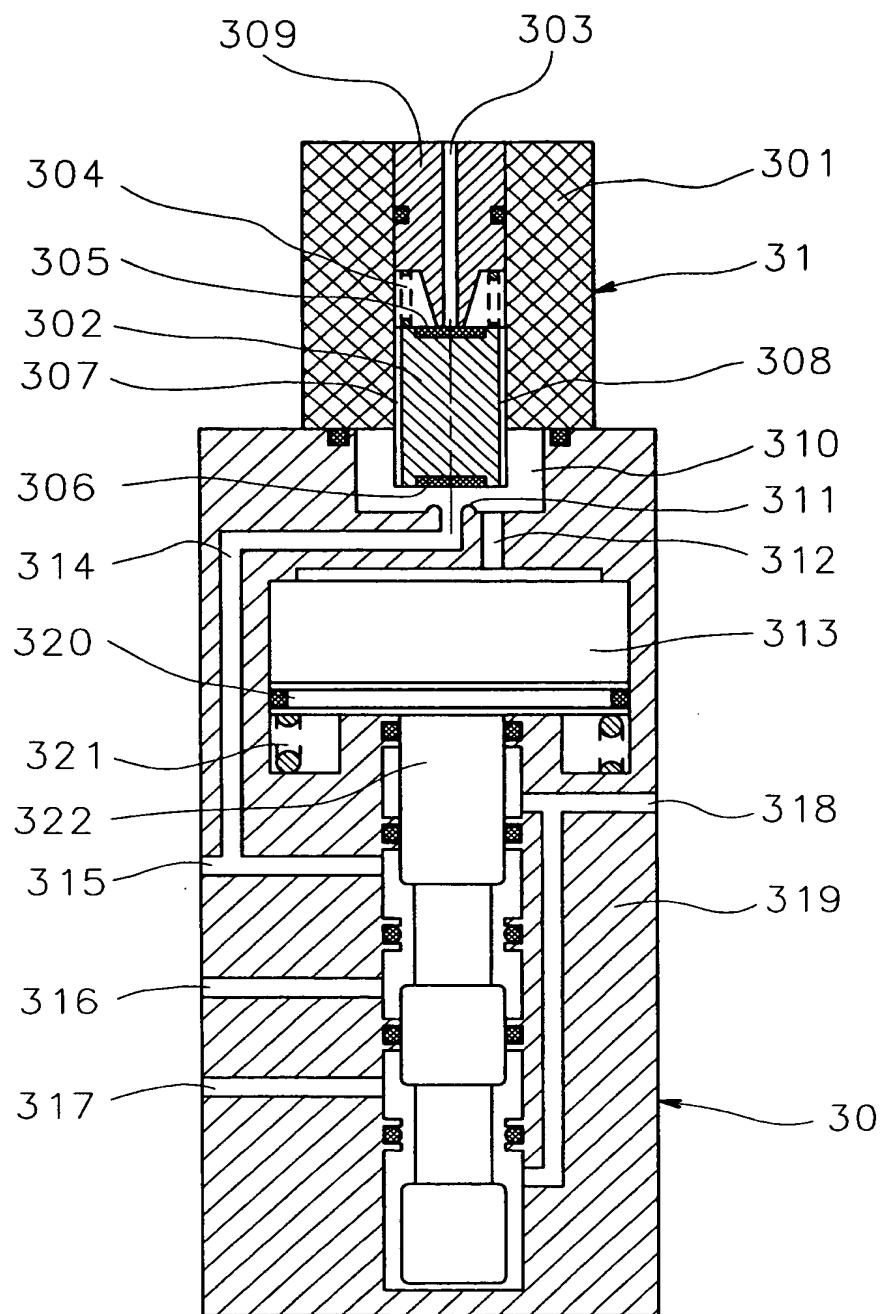


Fig. 14

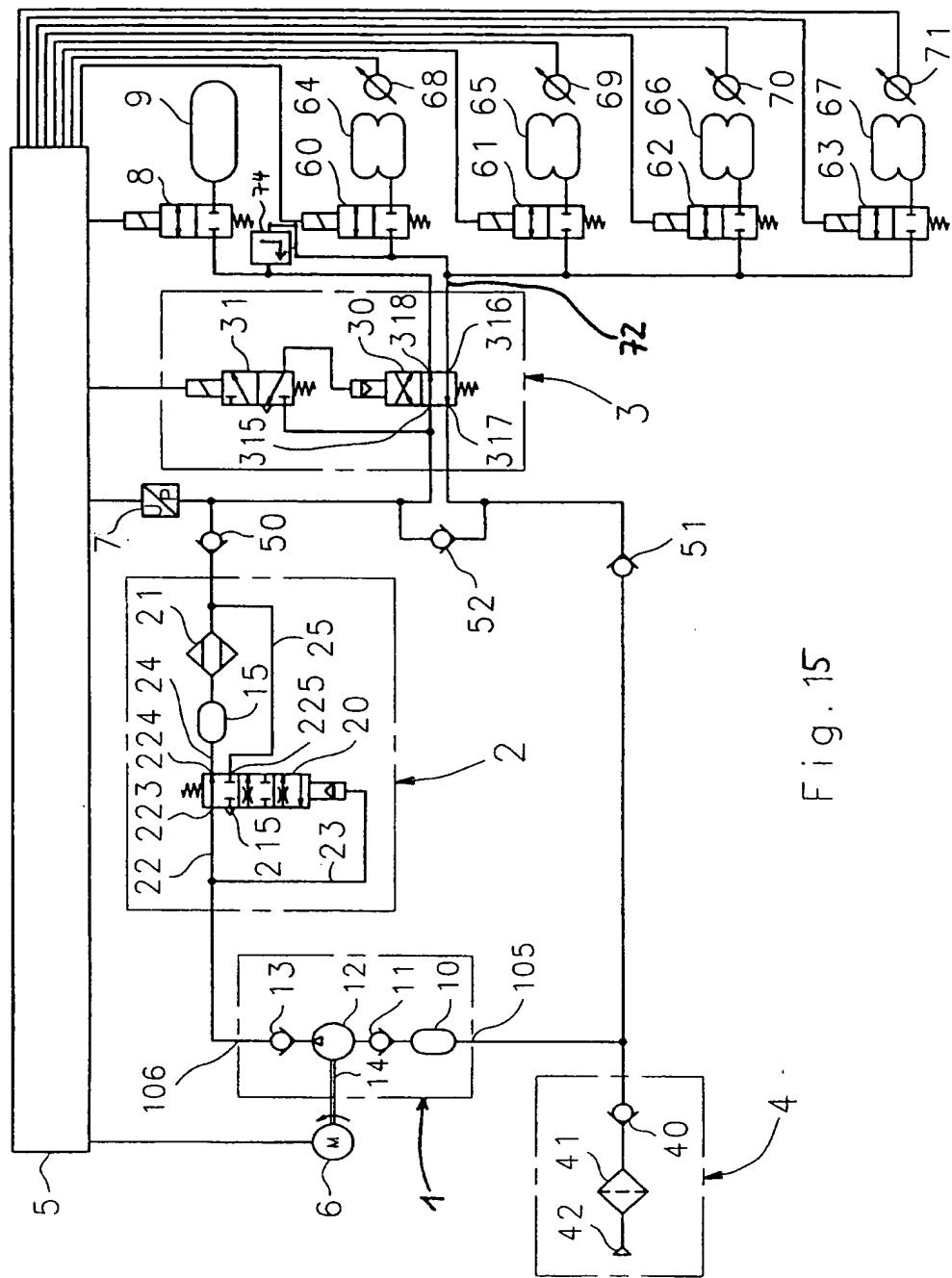


Fig. 15

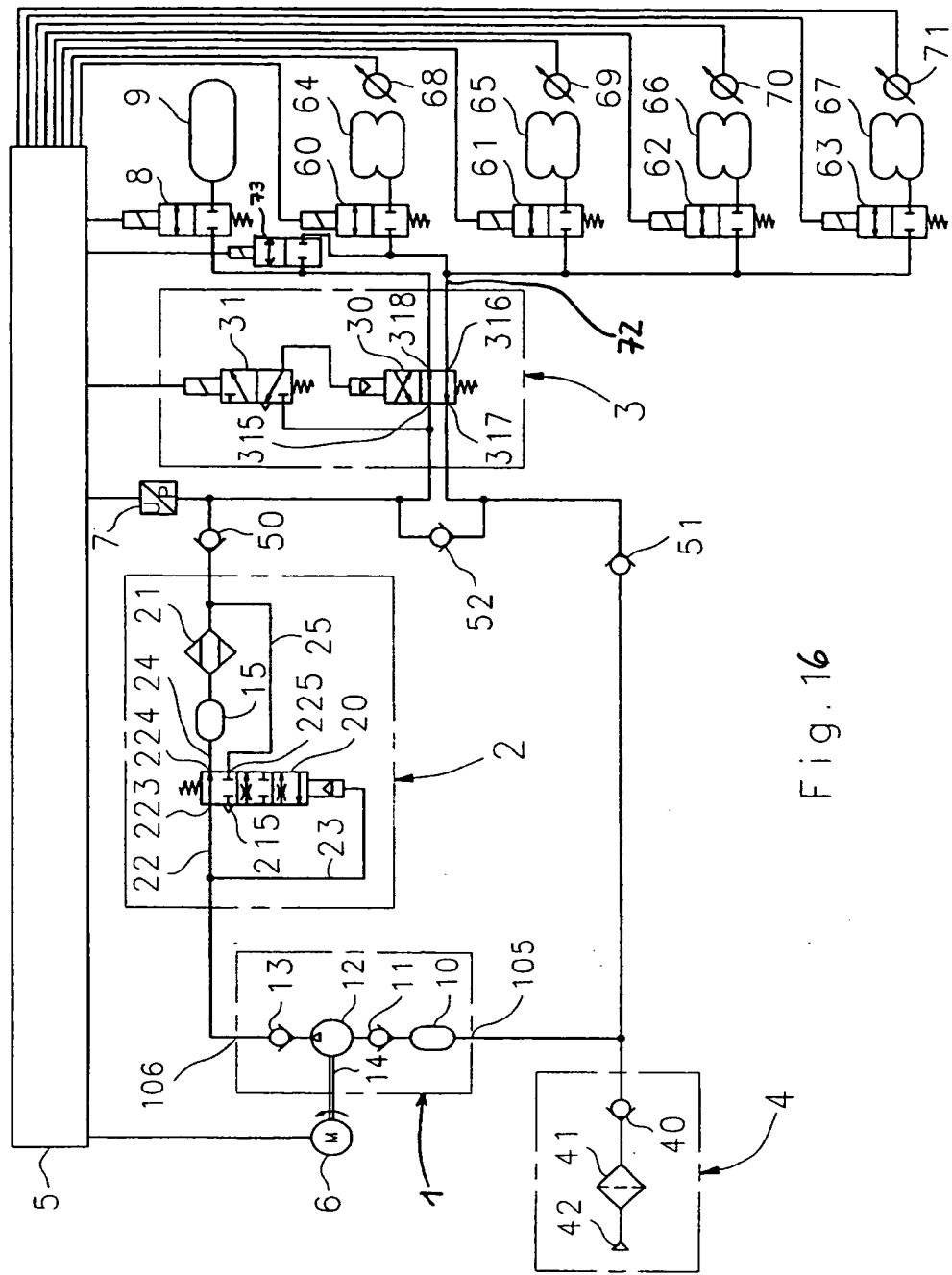


Fig. 16

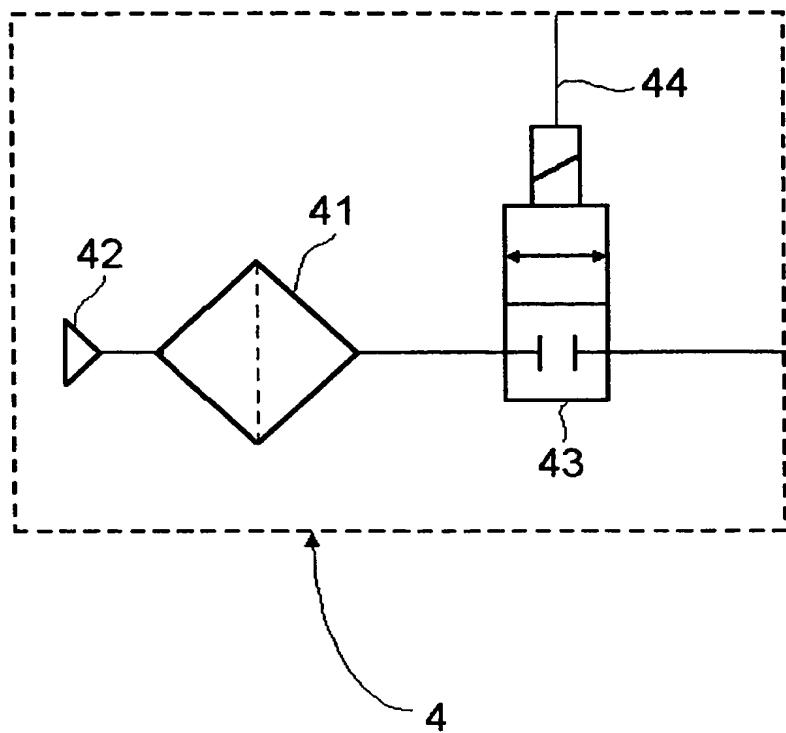


Fig. 17